

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



10/517229



(43) 国際公開日
2004 年 7 月 22 日 (22.07.2004)

PCT

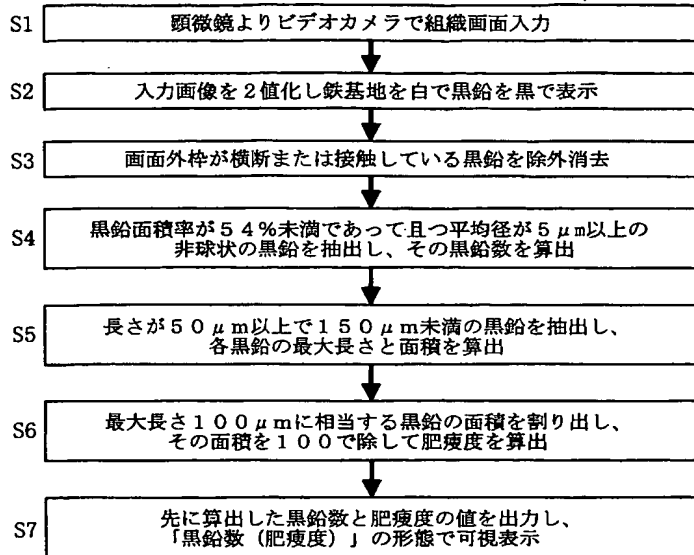
(10) 国際公開番号
WO 2004/061431 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G01N 21/17, 21/84 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016803 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 市村 元 (ICHIMURA, Hajime) [JP/JP]; 〒326-0142 栃木県 足利市 小俣南町 2 番地 株式会社キリウ 足利工場内 Tochigi (JP). 今崎 正典 (IMASAKI, Masanori) [JP/JP]; 〒326-0142 栃木県 足利市 小俣南町 2 番地 株式会社キリウ 足利工場内 Tochigi (JP). 青木 鉄朗 (AOKI, Tetsuro) [JP/JP]; 〒326-0142 栃木県 足利市 小俣南町 2 番地 株式会社キリウ 足利工場内 Tochigi (JP). 増尾 国博 (MASUO, Kunihiko) [JP/JP]; 〒326-0142 栃木県 足利市 小俣南町 2 番地 株式会社キリウ 足利工場内 Tochigi (JP).
(22) 国際出願日: 2003 年 12 月 25 日 (25.12.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願 2002-379728
2002 年 12 月 27 日 (27.12.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社キリウ (KIRIU CORPORATION) [JP/JP]; 〒376-0011 群馬県 桐生市 相生町 1 丁目 1 2 4 番地 Gunma (JP). (74) 代理人: 橋本 剛, 外 (HASHIMOTO, Takeshi et al.); 〒104-0044 東京都 中央区 明石町 1 番 2 9 号 掖済会ビル SHIGA 内外国特許事務所内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR JUDGING GRAPHITE TEXTURE IN GRAY CAST IRON, JUDGING PROGRAM RECORDING MEDIUM AND JUDGING SYSTEM

(54) 発明の名称: ねずみ鑄鉄における黒鉛組織の判定方法と判定プログラム記録媒体および判定システム



S1...INPUT TEXTURE SCREEN FROM MICROSCOPE BY MEANS OF VIDEO CAMERA
S2...BINARIZE INPUT IMAGE AND DISPLAYS IRON BASE IN WHITE AND GRAPHITE IN BLACK
S3...ERASE GRAPHITE TRAVERSING OR TOUCHING OUTER FRAME OF SCREEN
S4...EXTRACT NONSPHERICAL GRAPHITE HAVING GRAPHITE AREA RATIO NOT LARGER THAN 54% AND MEAN DIAMETER NOT SMALLER THAN 5 μm AND CALCULATE ITS COUNT
S5...EXTRACT GRAPHITE HAVING LENGTH IN THE RANGE OF 50-150 μm AND CALCULATE MAXIMUM LENGTH AND AREA OF EACH GRAPHITE
S6...DETERMINE AREA OF GRAPHITE CORRESPONDING TO MAXIMUM LENGTH OF 100 μm AND CALCULATE FATNESS BY DIVIDING THAT AREA BY 100
S7...OUTPUT THE NUMBER OF GRAPHITE AND FATNESS THUS CALCULATED AND DISPLAY THEM IN THE FORM OF "NUMBER OF GRAPHITE (FATNESS)"

(57) Abstract: A method for quantitatively judging the features of texture based on the number of graphites of graphite texture and the fatness of constitutional graphite in gray cast iron. More specifically, only nonspherical graphite having a mean diameter of 5 μm or above is extracted from a preprocessed image of a graphite texture and its count is calculated (step S5 in Fig. 3). Furthermore, only such graphite as having a maximum length in the range of 50-150 μm is extracted and the length and area of individual graphite are measured (step S6). Representative graphite of a graphite group having a maximum length (maximum diameter) of 100 μm is assumed from these data and then its area is determined and divided by the length of 100 μm thus obtaining the fatness (step S7). Value of the fatness is displayed together with the number of graphites (step S8).

(57) 要約: ねずみ鑄鉄における黒鉛組織の黒鉛数と構成黒鉛の肥瘦度とをもって組織の特徴を定量判定できる方法を提供する。具体的には、前処理が施された黒鉛組織の画像について、平均径で5 μm以上の非球状の黒鉛のみを抽出してその数を算出する(図3のステップS5)。さらに最大長さが50 μm以上で150 μm未満の黒鉛のみを抽出し、個々の黒鉛の長さ、面積を計測する(ステップS6)。これらのデータからその黒鉛群の代表ともいうべき最大長さ(最大径)100 μmの黒鉛を想定してその面積を求め、その面積を長さの100 μmで除して肥瘦度とする(ステップS7)。

この肥瘦度の値を黒鉛数とともに表示する(ステップS8)。

WO 2004/061431 A1



(81) 指定国 (国内): CN, KR, US.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

ねずみ鑄鉄における黒鉛組織の判定方法と判定プログラム記録媒体および判定システム

技術分野

本発明は、ねずみ鑄鉄組織に見られる片状黒鉛や共晶黒鉛あるいは両者の混合組織の形態を画像解析して、黒鉛の形状（黒鉛の長短や太さ）や分布、疎密などその黒鉛組織固有の特徴を数値をもって定量的に、しかも容易に且つ的確に判定できるようにした方法に関し、さらにはその方法を実行するためのプログラムを記録した媒体および判定システムに関するものである。

背景技術

この種の技術としては、例えば特開 2 0 0 2 - 1 6 2 3 4 8 号公報に記載のもののほか、『中江秀雄，他 2 名，「レーザ変位計を用いた片状黒鉛鑄鉄の破面解析による黒鉛形態の判定」，鑄造工学，社団法人日本鑄造工学会，第 7 4 巻，2 0 0 2，第 1 0 号，P 6 4 4 - 6 4 9』に記載のものが知られている。これらの従来技術では、鑄鉄の破断面にレーザ光を照射してその表面粗さを測定し、その粗さの状況から鑄鉄組織に含まれる黒鉛の形状や分布等を判定することを基本としている。

上記のような従来技術では、既知のいくつかの黒鉛形態判定手法のなかでは現在最も実用化が期待されている方法ではあるが、最終判定は専ら得られたグラフから直接読み取る必要があり、判定結果に個人差によるばらつきが発生しやすいほか、判定された黒鉛形態をイメージしにくいという不具合があり、なおも改善の余地を残している。

発明の開示

本発明は、このような課題に着目してなされたものであり、特に既存の画像解析装置例えば黒鉛球状化率測定装置等を有効利用して、ねずみ鑄鉄における黒鉛組織を数値化をもって定量的に、しかも容易に且つ的確に判定できるようにした技術を提供しようとするものである。

ねずみ鑄鉄にみられる多様な黒鉛組織は、それを構成する黒鉛片の形状、大小、長短、多少、細太のほか、それらの分布の疎密および方向性の有無などによって決定されるが、黒鉛組織形態とそれを構成することになる黒鉛片数の間には密接な関係があり、黒鉛片数がわかれば黒鉛組織の形態をも類推可能となる。

ねずみ鑄鉄は、一般的に3～4%の炭素と2～3%の珪素を含む鉄合金であるが、鉄基地中に様々な形状、大きさの黒鉛が分散した組織形態をとる。鑄鉄中の炭素は、凝固にあたって黒鉛炭素とセメンタイトを形成する化合炭素、それに鉄基地中に固溶される若干の炭素に分かれる。研磨された鑄鉄試料を検鏡してみられる黒鉛はこのなかの黒鉛炭素であり、セメンタイトは研磨試料を腐食させることでみられるパーライト中に視認できる。直接視認できない少量の固溶炭素を別にして考えれば、残る黒鉛炭素と化合炭素のあり方が鑄鉄の黒鉛組織形態を左右する。

肉厚が10～30mm程度のねずみ鑄鉄の場合、化合炭素の割合は通常0.4～0.9%程度の範囲にとどまり、全炭素量が増えても化合炭素量はあまり変化しない。つまり、全炭素量から化合炭素量を減じた残余の部分が黒鉛炭素となることから、全炭素量が増えればその分黒鉛炭素が増えることになり、結果として鉄基地中の黒鉛面積率は増加する。

この黒鉛炭素が凝固時にどのような形状、分布をとるかは、主として地金配合や溶解、注湯条件のほか溶湯処理や鑄型条件によって相違し、

たとえ化学成分が同一であっても、これらの条件が変われば黒鉛組織も大きく変化する。しかし、一般的には凝固速度が遅い肉厚部においては黒鉛が成長して長大となり、肉薄部や溶湯停滞部にあっては凝固速度が速く、黒鉛は成長できずに短小となる傾向がみられる。

一方、黒鉛となる炭素量は一定であるので、黒鉛が長大となれば一個あたりの炭素量も大となるので黒鉛数は少なくなり、逆に黒鉛が短小であれば黒鉛数は増えることになる。

このようなことから、本発明は、黒鉛組織形態とそれを構成することになる黒鉛個数の間には密接な関係があるとの予測のもとに案出されたものである。

請求項 1 に記載の発明は、ねずみ鑄鉄における黒鉛組織を画像解析装置により定量的に判定する方法であって、ねずみ鑄鉄の黒鉛組織の拡大画像を画像解析して、その黒鉛組織に含まれる特定の大きさの非球状の黒鉛を抽出してその数を個々の黒鉛の面積とともに算出する工程と、算出した黒鉛の数と面積とに基づいて非球状の黒鉛の太さの度合いを表す肥瘦度を算出する工程と、算出した黒鉛の数と肥瘦度とを相互に関連付けた上で判定結果として双方の値を出力する工程と、を含むことを特徴とする。

画像解析の対象となる画像は、請求項 2 に記載のように例えば黒鉛組織の検鏡画面をビデオカメラやデジタルカメラ等の撮像素子（CCD）にて撮像したもののほか、場合によってはスチールカメラで撮影したものやそれをスキャナー等で読み込んだものでもよい。

黒鉛数の算出に際して抽出すべき黒鉛の大きさの指定は、請求項 3 に記載のように黒鉛の面積に等しい円の直径もしくは黒鉛の最大長さをもって行うものとし、望ましくは、請求項 4 に記載のように黒鉛数の算出に際して抽出すべき最小黒鉛の大きさとして、面積が直径 $5\ \mu\text{m}$ の円の

面積に相当するものもしくはその最大長さが $10\ \mu\text{m}$ のものとする。より望ましくは、請求項 5 に記載のように黒鉛数の算出に際して抽出すべき最小黒鉛の大きさとして、面積が直径 $5\ \mu\text{m}$ の円の面積に相当するものとする。

この場合、請求項 6 に記載のように、特定の大きさの非球状の黒鉛を抽出するのに先立って画像の前処理として解析画面枠と接触している黒鉛を除外、消去するにあたり、その除外、消去されるべき黒鉛の数を計数し、次いでその除外、消去されるべき黒鉛以外の黒鉛を、上記特定の大きさを一つのサイズ区分に含む複数のサイズ区分に分けて抽出してそれぞれの数を計数し、上記の除外、消去されるべき黒鉛数をそれ以外のサイズ区分別の黒鉛数比率に応じて比例配分してそれぞれの黒鉛数に加算することにより、抽出された特定の大きさの非球状の黒鉛数に補正を加えることが解析精度の向上の上で望ましい。

そして、請求項 7 に記載のように抽出した黒鉛の総面積を黒鉛総数で除した値をもって肥瘦度とするものとし、より望ましくは、請求項 8 に記載のように、黒鉛数の算出に際して抽出した黒鉛群のうち最大長さ $50\ \mu\text{m}$ 以上 $150\ \mu\text{m}$ 未満の長さの範囲に含まれる黒鉛個々の最大長さと面積を算出し、それらのデータをもとに最大長さ $100\ \mu\text{m}$ に相当する黒鉛の面積を割り出し、その面積を 100 で除した値をもって黒鉛組織の代表的な黒鉛の肥瘦度とするものとする。

請求項 9 に記載の発明は、請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の各ステップを実行させるためのプログラムを記録した CD-ROM やフレキシブルディスク等のコンピュータ読み取り可能な記録媒体として特定したものである。

さらに、請求項 10 に記載の発明は、上記手法をねずみ鋳鉄における黒鉛組織を画像解析により定量的に判定するシステムとして特定したも

のであって、図 2 に示すように、画像解析手段 1 と、この画像解析手段 1 に対してねずみ鋳鉄の黒鉛組織の拡大画像を入力する画像入力手段 2、および解析結果を表示する表示手段 3 とを備えていることを前提とする。その上で、上記画像解析手段 1 は、ねずみ鋳鉄の黒鉛組織の拡大画像を画像解析して、その黒鉛組織に含まれる特定の大きさの非球状の黒鉛を抽出してその数を個々の黒鉛の面積とともに算出する黒鉛数／面積算出手段 4 と、算出した黒鉛の数と面積とに基づいて非球状の黒鉛の太さの度合いを表す肥瘦度を算出する肥瘦度算出手段 5 とを含んでいて、且つ算出した黒鉛の数と肥瘦度とを相互に関連付けた上で判定結果として双方の値を表示手段 3 に可視表示するようになっていることを特徴とする。

この場合、請求項 1 1 に記載のように、請求項 5 に記載のものと同様にして黒鉛数の算出に際して抽出すべき最小黒鉛の大きさを、面積が直径 $5\text{ }\mu\text{m}$ の円の面積に相当するものとするのが望ましい。

また、請求項 1 2 に記載のように、請求項 6 に記載のものと同様にして、上記画像解析手段は、特定の大きさの非球状の黒鉛を抽出するのに先立って画像の前処理として解析画面枠と接触している黒鉛を除外、消去するにあたり、その除外、消去されるべき黒鉛の数を計数し、次いでその除外、消去されるべき黒鉛以外の黒鉛を、上記特定の大きさを一つのサイズ区分に含む複数のサイズ区分に分けて抽出してそれぞれの数を計数し、上記の除外、消去されるべき黒鉛数をそれ以外のサイズ区分別の黒鉛数比率に応じて比例配分してそれぞれの黒鉛数に加算することにより、抽出された特定の大きさの非球状の黒鉛数に補正を加える手段 1 3（図 2 4 参照）を備えていることが望ましい。

より望ましくは、請求項 1 3 に記載のように、請求項 8 に記載のものと同様にして、黒鉛数の算出に際して抽出した黒鉛群のうち最大長さ $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $150\text{ }\mu\text{m}$ 未満の長さの範囲に含まれる黒鉛個々の最大長さ

面積を算出し、それらのデータをもとに最大長さ $100\ \mu\text{m}$ に相当する黒鉛の面積を割り出し、その面積を 100 で除した値をもって黒鉛組織の代表的な黒鉛の肥瘦度とするものとする。

したがって、本発明では、黒鉛組織を黒鉛数とそれに関連付けた肥瘦度とをもって数値的に定量判定できることになる。

本発明によれば、黒鉛組織を黒鉛数とそれに関連付けた肥瘦度とをもって数値的に、しかも容易且つ的確に定量判定できるので、その判定結果に個人差によるばらつきが発生することがなく、判定結果の信頼性が高いものとなるほか、実際の黒鉛組織の形態をイメージしやすくなるという効果がある。

図面の簡単な説明

図 1 は本発明の好ましい実施の形態として判定システム全体の概略構成を示す説明図である。

図 2 は図 1 の要部の機能ブロック図である。

図 3 は同じく本発明の好ましい実施の形態として判定方法での手順を示すフローチャートである。

図 4 は黒鉛球状化率測定における画像解析手順を示すフローチャートである。

図 5 は図 4 の黒鉛球状化率測定での解析結果の一例を示す説明図である。

図 6 A は黒鉛サイズの決め方である最大径方式の説明図である。

図 6 B は黒鉛サイズの決め方である平均径方式の説明図である。

図 7 は黒鉛の形状、サイズ別の検出数を示すグラフである。

図 8 は同図左側の黒鉛組織について最大径 $10\ \mu\text{m}$ 未満の黒鉛と $10\ \mu\text{m}$ 以上の黒鉛とに分割表示した説明図である。

図 9 は黒鉛組織の疎密と検出黒鉛数の関係を示すグラフである。

図 10 は最小黒鉛設定条件と検出黒鉛数との関係を示すグラフである。

図 11 はねずみ鑄鉄の組織と黒鉛数の関係を示す説明図である。

図 12 は黒鉛数同一組織のもとでの黒鉛肥瘦度の差異例を示す説明図である。

図 13 は黒鉛数 90 の組織についてサイズ別黒鉛を分割表示した説明図である。

図 14 は 150 μm 前後から増え始める複数連結黒鉛の説明図である。

図 15 は黒鉛数 90 の組織について個別黒鉛の長さ と面積 とを計測した結果を示す説明図である。

図 16 は図 15 の組織について黒鉛長さ（最大径）と黒鉛面積との関係を示すグラフである。

図 17 は長さ 100 μm の仮定代表黒鉛の肥瘦度表示形態を示す説明図である。

図 18 は鑄鉄製ブレーキディスクロータの鑄造方案の改善のためにそのブレーキディスクロータの断面での黒鉛数の分布を三次元的に表した説明図である。

図 19 は溶湯処理の適正化のためにそのブレーキディスクロータの断面での黒鉛数の分布を三次元的に表した説明図である。

図 20 は本発明の第 2 の実施の形態を示すフローチャートである。

図 21 は解析画面外枠と接触している黒鉛を除外消去する前後での黒鉛組織を比較した説明図である。

図 22 は同じく解析画面外枠と接触している黒鉛を除外消去する前後での黒鉛組織を比較した説明図である。

図 23 は解析画面外枠と接触していることを理由に除外消去されるべき黒鉛数を比例配分加算する場合の黒鉛組織の説明図である。

図 2 4 は図 2 の変形例を示す機能ブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

図 1 ～ 3 は本発明の好ましい実施の形態を示す。

図 1 は本発明に係る判定システムの概略構成を、図 2 はその機能ブロック回路図をそれぞれ示し、パーソナルコンピュータ 6 を主要素とする画像解析手段 1 たる画像解析装置 20 のほか、光学式の金属顕微鏡 7、および画像入力手段（撮像手段）2 としての CCD カメラ（ビデオカメラ）8 等をもって構成されていて、CCD カメラ 8 でとらえた画像が入力ポート 9 を介して画像解析装置 20 に取り込まれる。なお、パーソナルコンピュータ 6 は CPU、ROM、RAM のほかハードディスク等の記憶装置を内蔵していて、予め所定の画像解析ソフトがインストールされているとともに、入力手段としての図示外のキーボードやマウスのほか表示手段 3 としての CRT ディスプレイ 10、および出力手段としてのプリンタ 11 さらには MO 等の外部記憶装置 12 等を備えている。

判定対象となるねずみ鋳鉄の黒鉛組織が金属顕微鏡 7 で 100 倍に拡大され、その検鏡画面が CCD カメラ 8 で撮像されて画像解析装置 20 に取り込まれる。取り込まれた 100 倍顕微鏡画像は、例えばそのうちの 640 × 480 ピクセル（画素）の範囲が画像解析の対象となり、この解析画像枠の幅 640 ピクセルに対して 640 μm のスケールが設定されているので、1 ピクセル = 1 μm の関係にある。

図 3 のステップ S1 に示すように画像解析装置 20 に画像が入力されると、先ずその画像が明暗二値化され、組織の鉄基地が白色で、黒鉛が黒色でそれぞれ表示される（ステップ S2）。同時に、解析画面外枠と交差（横断）もしくは接触している黒鉛を除外するべくこれが消去される（ステップ S3）。そして、さらにステップ S4 では、黒鉛面積率が

54パーセント未満の非球状の黒鉛のみが抽出されて、その数が算出される。

抽出すべき黒鉛サイズの決め方としては、一般的には図6A、図6Bに示すように二つの方式がある。一つは図6Aに示すように黒鉛の面積とは無関係にその最長部に内接する円の直径をもって黒鉛サイズとする方式（最大径方式）で、もう一つは図6Bに示すように黒鉛の長さとは無関係にその黒鉛の面積と等しい円の直径をもって黒鉛サイズとする方式（平均径方式）である。

本実施の形態では、抽出すべき黒鉛のサイズを平均径で $5\mu\text{m}$ 以上と定め、先に述べたように黒鉛面積率が54パーセント未満の非球状の黒鉛であって且つ平均径で $5\mu\text{m}$ 以上の黒鉛のみを抽出し、その数を算出して表示する。ただし、平均径方式に代えて最大径（最大長さ）で $10\mu\text{m}$ 以上のものを抽出するようにしてもよく、また両方式を併用して最大径で $10\mu\text{m}$ 以上で且つ平均径で $5\mu\text{m}$ 以上のものを抽出するようにしてもよい。抽出した黒鉛形態の一例を図13の左上に示し、検出された黒鉛数は例えば90とする。

図13から明らかなように、黒鉛形態の全体のイメージは同図左下に示すように最大長さが $50\mu\text{m}$ 以上で $150\mu\text{m}$ 未満の黒鉛の太さの度合い（後述するように、本実施の形態ではこれを肥瘦度と称する）に大きく依存しているとの想定のもとに、さらに最大長さが $50\mu\text{m}$ 以上で $150\mu\text{m}$ 未満の黒鉛のみを抽出し、個々の黒鉛の最大径（最大長さ）と面積を計測する（図3のステップS5）。計測した各黒鉛の最大長さと面積とを併記したものが図15であり、またそれらの黒鉛の分布をグラフ表示したものが図16である。そして、図16の関係式から各黒鉛の長さの中央値に相当するものを求め、その中央値に相当する黒鉛の面積を求める。

図16では $50\mu\text{m} \sim 150\mu\text{m}$ の各黒鉛の中央値は $100\mu\text{m}$ であるから、その中央値となる $100\mu\text{m}$ の場合の面積を求めると $1006\mu\text{m}^2$ となる。この数値の意味は、 $50\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 未満の黒鉛群の各データから仮にその黒鉛群の代表ともいえるべき最大長さ（最大径） $100\mu\text{m}$ の黒鉛を想定し、その面積を求めれば $1006\mu\text{m}^2$ となり、図17に示すようにその面積 $1006\mu\text{m}^2$ を長さの $100\mu\text{m}$ で除せば 10.06 という数値が得られ、これを肥瘦度とする（図3のステップS6）。この肥瘦度の値は同面積で長さ $100\mu\text{m}$ の矩形を想定した場合に同矩形の幅寸法に相当することにほかならず、具体的な肥瘦度のイメージにつながる数値とすることができる。

そして、仮想黒鉛の幅寸法 10.06 を四捨五入して 10.1 とし、「黒鉛数（肥瘦度）」の形態すなわち先に求めた検出黒鉛数90の値の後に付記して「 $90(10.1)$ 」の表記をもって可視表示する（図3のステップS7）。これにより、その黒鉛形態ばかりでなく構成黒鉛の肥瘦度を含めての表示が可能となる。なお、以上の一連の演算処理は図2に示したような画像解析装置20の機能によって実行される。

次に、上記のように2桁もしくは3桁の数値をもって行う肥瘦度評価を含むねずみ鋳鉄の黒鉛組織の評価、判定方法が適正且つ妥当なものであるかどうか既存の黒鉛球状化率測定装置を用いて検証してみる。

図4は従来から広く用いられている黒鉛球状化率測定装置を用いた場合の処理手順を示し、同図から明らかなように、黒鉛球状化率測定に際しては、球状であるか非球状であるかにかかわらず、撮像画面内の全黒鉛について指定サイズによる黒鉛の大小の判別と、その個数の計測が行われる。ここでは、この計数機能を有効利用して片状黒鉛もしくは共晶黒鉛組織の定量判定を試みた。

図1のビデオカメラ（CCD等の撮像素子）8で取り込まれた100

倍顕微鏡画像は、例えばそのうちの640×480ピクセル（画素）の範囲が画像解析の対象となる。なお、1ピクセル＝1μmの関係にあることは先に述べた通りである。解析結果の仕様は例えば図5に示すとおりであって、検出黒鉛数がJIS規格による球状、非球状（片状）別にそれぞれ分けて表示される。

抽出すべき黒鉛サイズの決め方に最大径方式と平均径方式の二通りの方法があることも先に述べた。黒鉛球状化率測定に際してはJISにて最大径方式によると定められているものの、いずれの方式もそれなりに有意義な方式であるので、ここでは最大径方式と平均径方式の双方の方式を併用することとする。

最初に、試料として比較的黒鉛の長さが大きい疎大黒鉛組織と緻密な共晶黒鉛組織のほか両者の中間の黒鉛組織を加えて合計3種類のものを用意した。図7は、一例として上記の中間の黒鉛組織についての黒鉛の形状およびサイズ別の測定結果を示す。

図7では、黒鉛のサイズを何段階かに分けて抽出するものとし、例えば黒鉛サイズを1μm、2μm、3μm、5μm、10μm、15μm、20μmの各サイズ以上の7段階に類別し、それぞれ最大径と平均径の両方について測定した。同時に、検出黒鉛数については各サイズ区間別と累計の両方について、また黒鉛の球状、非球状の別も表示した。

図7から明らかなように、比較的サイズの大きい範囲では最大径での黒鉛数が多く平均径での黒鉛数が少なくなっており、逆にサイズの小さい範囲では平均径での黒鉛数が多く最大径での黒鉛数が少なくなっているが、これは先に述べた黒鉛サイズの定義の差異に照らし合わせれば当然と言えば当然と言える。これに対して、最小黒鉛のサイズを極限の1μm以上に設定した場合には、形状の如何にかかわらず画面内の全ての黒鉛を測定対象とした場合と何ら異なるところがないので、検出黒鉛総

数は最大径で433程度、平均径で436程度と両者ともにほぼ同数を示している。

残り二つの試料すなわち疎大黒鉛組織と共晶黒鉛組織についての測定結果は図示省略するが、最小黒鉛サイズを $1\mu\text{m}$ 以上としたときの検出黒鉛総数は、疎大黒鉛組織にあつては最大径で221程度、平均径で223程度、共晶黒鉛組織にあつては最大径で1172程度、平均径で1176程度を示した以外は、上記中間組織のものと同等の傾向にある。

その一方、いずれの試料にも共通してみられる特徴として、最小黒鉛サイズが $5\sim 10\mu\text{m}$ の範囲内のものを境界にして、それ以上では球状黒鉛と判定されるものがほとんどなくなっているのに対し、それ以下の範囲では球状黒鉛と判定されるものが増加する傾向にあることが判明した。

そこで、別の試料について、最大径で $10\mu\text{m}$ 以上と $10\mu\text{m}$ 未満、また平均径で $5\mu\text{m}$ 以上と $5\mu\text{m}$ 未満とに分けて黒鉛形態の差異を観察してみた。図8は、そのうちの最大径での分割表示結果であるが、最大径 $10\mu\text{m}$ 未満の範囲にあつては合計134の黒鉛が検出されているものの、大部分が球状か非球状かの判別も肉眼ではほとんど不可能な点状、粒状もしくは小塊状とでも称すべきもので、なかには黒鉛のように見えても実際はスラグや錆である可能性もある。また、重要なことは、この黒鉛組織を肉眼で見た場合の印象もしくはイメージは最大径 $10\mu\text{m}$ 以上の黒鉛組織によって形成され、 $10\mu\text{m}$ 未満の黒鉛群は肉眼視でのイメージ形成には何の役割も果たしておらず、単なるノイズとしか認識されないということである。なお、図示は省略するが、こうした観察結果は平均径方式で $5\mu\text{m}$ 以上と $5\mu\text{m}$ 未満とに分割表示した画像についても同様である。

本発明の目的は、黒鉛組織間の差別化を図って差異を明確にすること

にある。こうした目的からすれば、最大径で $10\mu\text{m}$ 未満、平均径で $5\mu\text{m}$ 未満の点状または粒状の黒鉛は組織全体のイメージ形成に何らの寄与もしていない以上は、単なるノイズ以外のなにものでもないということになる。そこで、以降の観察においては最大径で $10\mu\text{m}$ 以上、平均径で $5\mu\text{m}$ 以上の非球状黒鉛のみを測定対象とすることとする。

このようにして、黒鉛組織の黒鉛数を測定するための条件が絞り込まれたので、次にこの条件を実際の黒鉛組織にあてはめて実験を行ってみた。

最初に様々な黒鉛組織の試料を用意し、非常に長大な黒鉛組織から緻密な共晶黒鉛組織まで、観察者5人がみた場合に誰もが賛同する順序に並べてNo. 1からNo. 10までの10試料を選別した。そして、最小黒鉛サイズの設定は最大径、平均径ともに $5\mu\text{m}$ 以上、 $10\mu\text{m}$ 以上、 $15\mu\text{m}$ 以上および $20\mu\text{m}$ 以上の4段階とし、JISで定める非球状黒鉛数を測定した。

その結果が図9であり、長大片状から短小共晶黒鉛まで組織の疎密の順で並べた黒鉛組織と検出黒鉛数の関係を、最大径でのデータ（破線）と平均径でのデータ（実線）とを重ねて表示している。この結果から、黒鉛組織の疎密の順序と最もリニアな関係にあるのは、最小黒鉛サイズとして平均径で $5\mu\text{m}$ 以上とした場合と最大径で $10\mu\text{m}$ 以上とした場合の黒鉛数であることがわかる。このうち、どちらのものを標準的なものとして採用するのが最も有効であるかを確認するため、さらに多くの試料について平均径で $5\mu\text{m}$ 以上とした場合と最大径で $10\mu\text{m}$ 以上とした場合の黒鉛数をそれぞれ計測した。その結果を図10に示す。

図10から明らかなように、黒鉛数が300程度までの比較的黒鉛が大きな組織にあっては、どちらも同等の値を示すことになるものの、黒鉛数が300を越える比較的細かな共晶黒鉛に近い組織にあっては、平

均径で $5 \mu\text{m}$ 以上とした方がより多くの黒鉛が検出されることがわかる。その理由は、先にも述べたように最大径は黒鉛の長さを、平均径は黒鉛の面積をそれぞれサイズの尺度としているため、次第に黒鉛の長さが短くなって小塊状から粒状さらには点状へと近づくのに伴いそのサイズが指定最大長さに達しなくなって計測対象（検出対象もしくは抽出対象）から外れた場合でも、その面積としては指定平均径を越えることがあると推定できる。

黒鉛組織の差別化を図るに際し、黒鉛が比較的大きな場合よりも微細になればなるほど組織の差異検出が困難になるが、そうした緻密短小の黒鉛組織にあってもより敏感に黒鉛数差を検出し得ることはきわめて好都合であり、したがって、黒鉛組織の形態をその構成黒鉛数をもって判定しよとする場合には、最小黒鉛サイズの設定は最大径をもってするのではなく、平均径をもってするのが妥当であるとの結論に至った。

以上の検討結果から、平均径で $5 \mu\text{m}$ 以上の非球状（片状）黒鉛数を計測することで、先に述べたように2桁または3桁の数値をもって行う肥瘦度評価を含みつつねずみ鑄鉄の黒鉛組織を容易に且つ確実に個人差なく評価、判定することができることが判明した。

さらなる具体例として、先に使用したNo. 1～No. 10までの10個の組織試料について、その顕微鏡写真と検出された片状黒鉛数との関係を示したものが図11であり、各組織の黒鉛形態の特徴と検出黒鉛数とが一定の相関関係にあることが理解されよう。なお、図11では先のNo. 1～No. 10の表示をK-1～K-10の表示に置き換え、同時に括弧内には検出された非球状（片状）黒鉛数を併記してある。

ここで、仮に検出黒鉛数が同じであっても黒鉛組織を形成している個々の黒鉛の太さ、細さが相違する場合があります、これらの影響については未だ必ずしも十分に考慮されていない。黒鉛の太さ（細さ）の程度をここ

では仮に肥瘦度と称することとした場合、その黒鉛肥瘦度に著しい差異が認められる実例を図 1 2 に示す。

同図に示す各黒鉛組織での検出黒鉛数はいずれも 9 0 であるが、それぞれの黒鉛の肥瘦度に差があることは黒鉛面積率の違いからも明らかである。これだけの相違があれば、ねずみ鑄鉄のそのものの機械的性質その他に差が出ることは当然であり、この肥瘦度までも考慮されなければ黒鉛組織の判定手法としては不完全なものと言わざるを得ない。

この場合に、最も単純な方法は、各黒鉛数が同一であるが故にそれぞれの合計黒鉛面積を比較したり、あるいは合計黒鉛面積を黒鉛個数で除した値すなわち黒鉛一個あたりの平均面積で比較することも一応有効ではある。しかしながら、黒鉛数は同じでも黒鉛のサイズ別比率は不同であることを考慮すれば、単純な黒鉛面積の比較だけでは必ずしも適切ではない。

そこで、図 1 2 に示した 4 種類の黒鉛組織のうち左上の肥瘦度 1 0 . 1 の組織について、黒鉛最大長さ $10\ \mu\text{m}$ 以上 $50\ \mu\text{m}$ 未満と、 $50\ \mu\text{m}$ 以上 $150\ \mu\text{m}$ 未満、それに $150\ \mu\text{m}$ 以上の 3 サイズ区分に構成黒鉛の分布を分割表示したものが図 1 3 である。なお、図 1 3 の左上の図は図 1 2 の左上の図と同じものである。図 1 2 , 1 3 から明らかなように、この黒鉛組織における黒鉛の肥瘦度のイメージは、主として最大長さ $50\ \mu\text{m}$ 以上 $150\ \mu\text{m}$ 未満のサイズの黒鉛群によって決定付けられているものと認められる。試みとして黒鉛数を異にする別の種類の黒鉛組織についても同様な確認を行ったが、やはり最大長さが $50\ \mu\text{m}$ 以上 $150\ \mu\text{m}$ 未満のサイズの黒鉛が組織全体の黒鉛の肥瘦度のイメージを大きく支配していることが確認された。したがって、最大長さが $50\ \mu\text{m}$ 以上 $150\ \mu\text{m}$ 未満のサイズの黒鉛群を対象を絞って肥瘦度の比較ができれば、その黒鉛組織全体の黒鉛肥瘦度のイメージを表現できることになる。

ここで、図 1 4 から明らかなように、最大長さが $150\text{ }\mu\text{m}$ 以上の黒鉛群にあっては複数の黒鉛が連結してあたかも一個の黒鉛であるかのように認識されるものが急増することから、これらの黒鉛が個数に含まれるのを排除するためにも最大長さが $150\text{ }\mu\text{m}$ 以上の黒鉛を除外することが望ましい。

上記の $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $150\text{ }\mu\text{m}$ 未満の黒鉛群について、個々の黒鉛の最大径（最大長さ）と面積を計測してそれらを併記したものが図 1 5 であり、またそれらの黒鉛の分布をグラフ表示したものが図 1 6 である。これらの図から黒鉛の長さの中央値となる $100\text{ }\mu\text{m}$ の場合の面積を求めると $1006\text{ }\mu\text{m}^2$ となる。

この数値の意味は、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $150\text{ }\mu\text{m}$ 未満の黒鉛群の各データから、仮にその黒鉛群の代表ともいえるべき最大長さ（最大径） $100\text{ }\mu\text{m}$ の黒鉛を想定し、その面積を求めれば $1006\text{ }\mu\text{m}^2$ となり、図 1 7 に示すようにその面積 $1006\text{ }\mu\text{m}^2$ を長さの $100\text{ }\mu\text{m}$ で除せば 10.06 という数値が得られる。この値は同面積で長さ $100\text{ }\mu\text{m}$ の矩形を想定した場合に同矩形の幅寸法に相当することにほかならず、具体的な肥瘦度のイメージにつながる数値とすることができる。

そして、仮想黒鉛の幅寸法 10.06 を四捨五入して 10.1 とし、先に求めた検出黒鉛数 90 の値の後に付記して「 $90(10.1)$ 」の表記とすれば、その黒鉛形態ばかりでなく、構成黒鉛の肥瘦度を含めての表現が可能となる。

以上により、2 桁もしくは 3 桁の数値をもって行う黒鉛の肥瘦度評価が適正であることが確認できた。

ここで、鑄鉄製ブレーキディスクロータを製作するにあたり、鑄造方案の改善のためにそのブレーキディスクロータの断面での黒鉛数の分布を三次元的に表したものを図 1 8 に、溶湯処理の適正化のためにそのブ

レーキディスクロータの断面での黒鉛数の分布を三次元的に表したものを図 19 にそれぞれ示す。このような黒鉛組織の数値表示の際に先に述べた肥瘦度の値を併記すればより効果的なものとなる。

図 20 ～ 24 には本発明の第 2 の実施の形態を示す。

図 20 のフローチャートから明らかなように、抽出すべき黒鉛が球状であるか非球状であるかにかかわらず画像解析に際して解析画面外枠を横断もしくはその外枠と接触している黒鉛は、前処理段階で計測対象外のものとして除外、消去されることは先に述べたとおりである（図 3 のステップ S 3 および図 20 のステップ S 3 参照）。これは、解析画面外枠に掛かっている黒鉛については、画面に表示されている部分以外の見えていない部分がどのような形状、サイズであるのか判断不能なために除外、消去されることにほかならず、画像解析上やむを得ない操作である。

この場合、黒鉛球状化率測定に際して実際の黒鉛数よりも計測対象となる黒鉛粒数が多少減ったとしても、目的が黒鉛の球状化率測定にあるが故に画面外枠内に残った黒鉛を計測することで黒鉛球状化率を求めることができ、実用上はそれほど問題となることはない。

その一方、ねずみ鑄鉄における片状黒鉛組織の定量評価の手法を構成黒鉛粒数の差に求める本発明にあっては、肝心の黒鉛粒数が実際のものと異なってしまうようでは解析精度上決して好ましいことではない。

図 21 は解析画面外枠（計測枠）を横断もしくはその外枠と接触している黒鉛を除外、消去する前と後の状態を比較したものであるが、同図の右側に示すように外枠に接触している黒鉛が除外、消去されると画面内のうち外枠に近い部分では空白部が目立つようになる。そして、その外枠内に残った黒鉛のみが計測対象となるため、得られた解析結果は実際の黒鉛組織と近似してはいても部分的には異なる組織となってしまう

ことになる。

まして、ねずみ鑄鉄の黒鉛は、球状黒鉛鑄鉄の黒鉛が球状もしくはそれに近い塊状のものであるのに対して、それよりはるかに細長で長大な黒鉛の比率が高いことが特徴である。このように片状黒鉛が長大であるほど画面外枠に接触しやすく、また黒鉛が長大であるほど構成黒鉛粒数が少ないことを意味しているので、結果として長大黒鉛を含む黒鉛組織では、外枠に接触しているがために除外、消去される黒鉛の比率が高くなる。

こうした具体的且つ顕著な例を図 2 2 に示し、同図から明らかなように実在黒鉛の半数以上が除外、消去されて、同図の右側の図から明かなように計測対象黒鉛組織は原黒鉛組織の面影を全くとどめないほど別の組織になってしまうことになる。なお、この例は極端な長大黒鉛組織の場合であって、通常の F C - 2 5 0 クラスの黒鉛組織では見られることはないが、それでも一般的ないわゆる A 型黒鉛組織では例えば $640 \times 480 \mu\text{m}$ の画面外枠の場合でその外枠との接触を理由に 5 ~ 20 % 程度の黒鉛が除外、消去されることは避けられない。

そして、黒鉛形態が近似の組織にあってはその黒鉛の除外、消去率もほぼ同様であるので、黒鉛組織の相対的な比較を行うにあたっては実用上それほど問題とならないものの、ありのままの黒鉛形態を忠実に反映させるためにはこの除外、消去されるべき黒鉛をも取り込んだ評価がなされることが望ましい。

ここで、上記のように解析画面外枠と接触していることを理由に除外、消去されることになる黒鉛の個々の全体形状やサイズは計測不可能であっても、その個数は計測可能である。また、確率からしても、解析画面外枠と接触していることを理由に除外、消去されることになる黒鉛の形状やサイズの構成は、枠内に残されることになる大部分の黒鉛の構成比

率と大差ないと考えられる。

したがって、外枠に接触していることを理由の除外，消去されるべき黒鉛の数を計数する一方で、外枠内に残された黒鉛について複数のサイズ区分に分けて計数して、それらサイズ区分ごとの黒鉛構成比率を求め、上記の除外，消去されるべき黒鉛の数をこの黒鉛構成比率に応じて比例配分して各サイズ区分の黒鉛数に上乘せするべく加算すれば、外枠に接触していることを理由の除外，消去されるべき黒鉛数をも考慮した本来の黒鉛組織の全黒鉛の構成にきわめて近似した構成比率を再現できることになる。

図 20 のほか図 23 はその具体的な手順の一例を示し、図 20 のステップ S1 ～ S3 の処理は図 3 に示したものと同様である。ステップ S3 にて明暗二値化した黒鉛組織（全黒鉛）の画像から解析画面外枠を横断もしくはその外枠と接触している黒鉛を除外，消去するにあたり、解析画面外枠を横断もしくはその外枠と接触していることを理由に除外，消去されるべき黒鉛の数を計数する（ステップ S3-1）。そして、ステップ S4 では図 3 の場合と同様に黒鉛面積率が 54 % 未満であって且つ平均径が 5 μ m 以上の非球状の黒鉛を 5 μ m 未満の黒鉛とは区別して抽出して、それぞれの黒鉛数を計数もしくは算出する。

図 23 の例では、解析画面外枠を横断もしくはその外枠と接触していることを理由に除外，消去されるべき黒鉛数が 32 個で、画面外枠内における 5 μ m 未満の黒鉛数が 26 個、さらに 5 μ m 以上の黒鉛数が 148 個である場合を示している。

次いで、図 20 のステップ S4-1 のほか図 23 に示すように、画面外枠内に残された 5 μ m 未満の黒鉛数 26 個と 5 μ m 以上の黒鉛数 148 個との比率をもって、除外，消去されるべき黒鉛数 32 個を配分する。すなわち、除外，消去されるべき黒鉛数 32 個を 26 : 148 の比率で

比例配分して 5 : 27 に分ける。そして、画面外枠内における 5 μ m 以上の黒鉛数 148 個に 27 個を上乗せするべく加算すると、その 5 μ m 以上の黒鉛の数が補正されて 175 個となる。その結果として、抽出すべき平均径 5 μ m 以上の黒鉛数として、解析画面外枠を横断もしくはその外枠と接触していることを理由に除外、消去されるべき黒鉛数が全く考慮されていない 148 個という仮の黒鉛組織指数と、解析画面外枠を横断もしくはその外枠と接触していることを理由に除外、消去されるべき黒鉛数を比例配分することにより補正された 175 個というより真の値に近い真黒鉛組織指数が得られることになる。

以降は図 3 の場合と同様にステップ S5, S6 で肥瘦度を算出し、さらにステップ S7 では先に求めた真黒鉛組織指数に肥瘦度を併記する。たとえば「175 (10.1)」のように可視表示するものとする。なお、以上の一連の演算処理は図 24 に示すような画像解析装置の機能によって実行される。すなわち、図 24 は枠接触除外黒鉛数の比例配分加算手段 13 を備えている点で図 2 に示したものと異なっている。

このように本実施の形態によれば、特定の大きさの非球状の黒鉛を抽出してその数を計数するにあたり、本来は解析画面外枠を横断もしくはその外枠と接触していることを理由に除外、消去されるべき黒鉛数を比例配分して上記抽出すべき黒鉛数を補正するようにしているので、黒鉛組織の画像解析精度が一段と向上するとともに、解析結果の信頼性も高いものとなる。

請求の範囲

1. ねずみ鑄鉄における黒鉛組織を画像解析装置により定量的に判定する方法であって、

ねずみ鑄鉄の黒鉛組織の拡大画像を画像解析して、その黒鉛組織に含まれる特定の大きさの非球状の黒鉛を抽出してその数を個々の黒鉛の面積とともに算出する工程と、

算出した黒鉛の数と面積とに基づいて非球状の黒鉛の太さの度合いを表す肥瘦度を算出する工程と、

算出した黒鉛の数と肥瘦度とを相互に関連付けた上で判定結果として双方の値を出力する工程と、

を含むことを特徴とするねずみ鑄鉄における黒鉛組織の判定方法。

2. 画像解析の対象となる画像は、黒鉛組織の検鏡画面を撮像素子にて撮像したものであることを特徴とする請求項1に記載のねずみ鑄鉄における黒鉛組織の判定方法。

3. 黒鉛数の算出に際して抽出すべき黒鉛の大きさの指定は、黒鉛の面積に等しい円の直径もしくは黒鉛の最大長さをもって行うことを特徴とする請求項1または2に記載のねずみ鑄鉄における黒鉛組織の判定方法。

4. 黒鉛数の算出に際して抽出すべき最小黒鉛の大きさを、面積が直径5 μm の円の面積に相当するものもしくはその最大長さが10 μm のものとすることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のねずみ鑄鉄における黒鉛組織の判定方法。

5. 黒鉛数の算出に際して抽出すべき最小黒鉛の大きさを、面積が直径5 μm の円の面積に相当するものとすることを特徴とする請求項4に記載のねずみ鑄鉄における黒鉛組織の判定方法。

6. 特定の大きさの非球状の黒鉛を抽出するのに先立って画像の前処

理として解析画面枠と接触している黒鉛を除外，消去するにあたり，その除外，消去されるべき黒鉛の数を計数し、

次いでその除外，消去されるべき黒鉛以外の黒鉛を、上記特定の大きさを一つのサイズ区分に含む複数のサイズ区分に分けて抽出してそれぞれの数を計数し、

上記の除外，消去されるべき黒鉛数をそれ以外のサイズ区分別の黒鉛数比率に応じて比例配分してそれぞれの黒鉛数に加算することにより、抽出された特定の大きさの非球状の黒鉛数に補正を加えることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載のねずみ鋳鉄における黒鉛組織の判定方法。

7. 抽出した黒鉛の総面積を黒鉛総数で除した値をもって肥瘦度とすることを特徴とする請求項 1～6 のいずれかに記載のねずみ鋳鉄における黒鉛組織の判定方法。

8. 黒鉛数の算出に際して抽出した黒鉛群のうち最大長さ $50\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 未満の長さの範囲に含まれる黒鉛個々の最大長さと面積を算出し、それらのデータをもとに最大長さ $100\mu\text{m}$ に相当する黒鉛の面積を割り出し、その面積を 100 で除した値をもって黒鉛組織の代表的な黒鉛の肥瘦度とすることを特徴とする請求項 3～7 のいずれかに記載のねずみ鋳鉄における黒鉛組織の判定方法。

9. 請求項 1～8 のいずれかに記載の各ステップを実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

10. ねずみ鋳鉄における黒鉛組織を画像解析により定量的に判定するシステムであって、

画像解析手段と、この画像解析手段に対してねずみ鋳鉄の黒鉛組織の拡大画像を入力する画像入力手段、および解析結果を表示する表示手段とを備えていて、

上記画像解析手段は、

ねずみ鋳鉄の黒鉛組織の拡大画像を画像解析して、その黒鉛組織に含まれる特定の大きさの非球状の黒鉛を抽出してその数を個々の黒鉛の面積とともに算出する黒鉛数／面積算出手段と、

算出した黒鉛の数と面積とに基づいて非球状の黒鉛の太さの度合いを表す肥瘦度を算出する肥瘦度算出手段と、

を含んでいて、

且つ算出した黒鉛の数と肥瘦度とを相互に関連付けた上で判定結果として双方の値を表示手段に可視表示するようになっていることを特徴とするねずみ鋳鉄における黒鉛組織の判定システム。

1 1. 黒鉛数の算出に際して抽出すべき最小黒鉛の大きさを、面積が直径 $5 \mu\text{m}$ の円の面積に相当するものとすることを特徴とする請求項 10 に記載のねずみ鋳鉄における黒鉛組織のシステム。

1 2. 上記画像解析手段は、

特定の大きさの非球状の黒鉛を抽出するのに先立って画像の前処理として解析画面枠と接触している黒鉛を除外、消去するにあたり、その除外、消去されるべき黒鉛の数を計数し、

次いでその除外、消去されるべき黒鉛以外の黒鉛を、上記特定の大きさを一つのサイズ区分に含む複数のサイズ区分に分けて抽出してそれぞれの数を計数し、

上記の除外、消去されるべき黒鉛数をそれ以外のサイズ区分別の黒鉛数比率に応じて比例配分してそれぞれの黒鉛数に加算することにより、

抽出された特定の大きさの非球状の黒鉛数に補正を加える手段、

を備えていることを特徴とする請求項 10 または 11 に記載のねずみ鋳鉄における黒鉛組織の判定システム。

1 3. 黒鉛数の算出に際して抽出した黒鉛群のうち最大長さ $50 \mu\text{m}$

以上 $150\text{ }\mu\text{m}$ 未満の長さの範囲に含まれる黒鉛個々の最大長さと面積を算出し、それらのデータをもとに最大長さ $100\text{ }\mu\text{m}$ に相当する黒鉛の面積を割り出し、その面積を 100 で除した値をもって黒鉛組織の代表的な黒鉛の肥瘦度とすることを特徴とする請求項 11 または 12 に記載のねずみ鋳鉄における黒鉛組織の判定システム。

FIG. 1

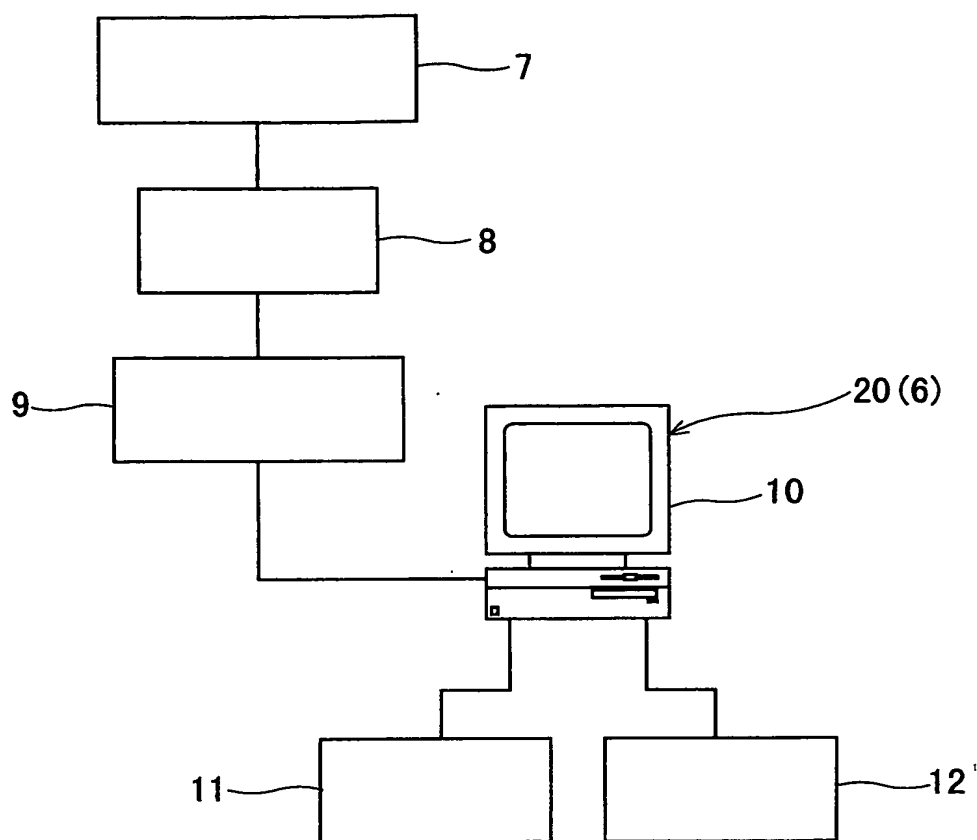


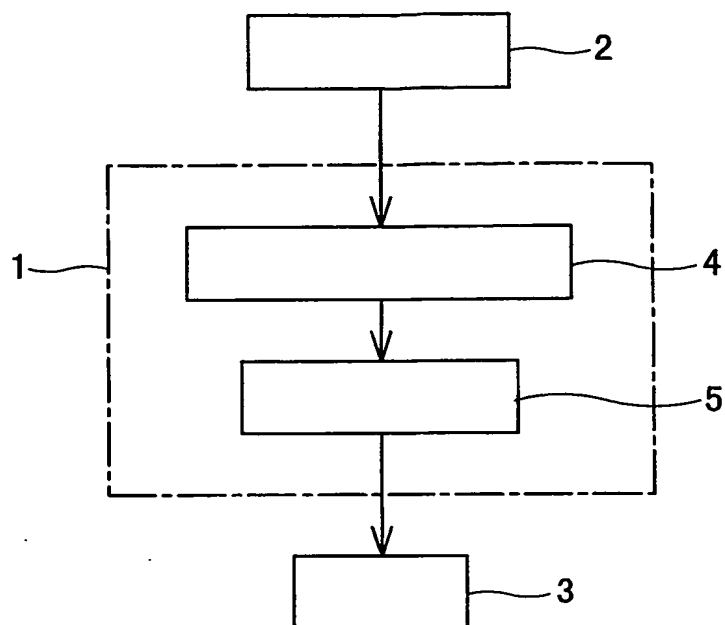
FIG. 2

FIG. 3

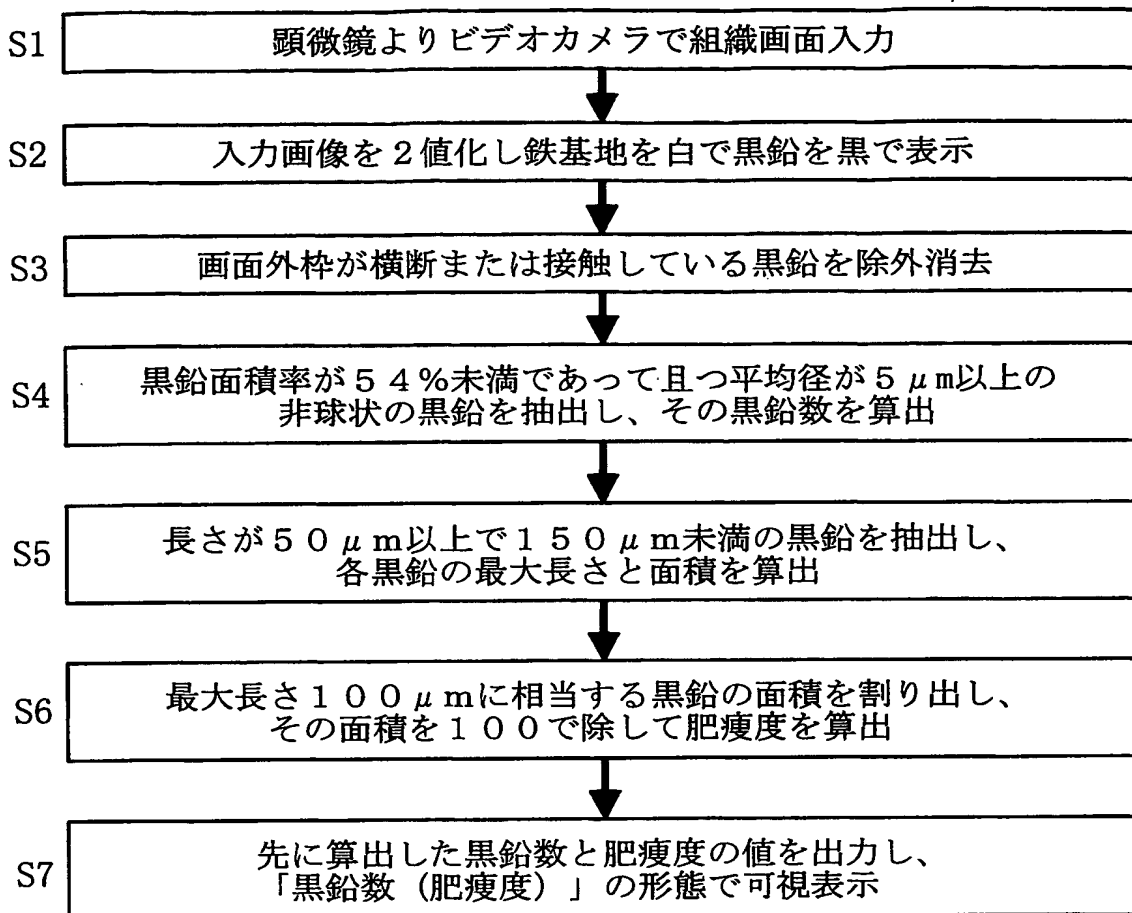
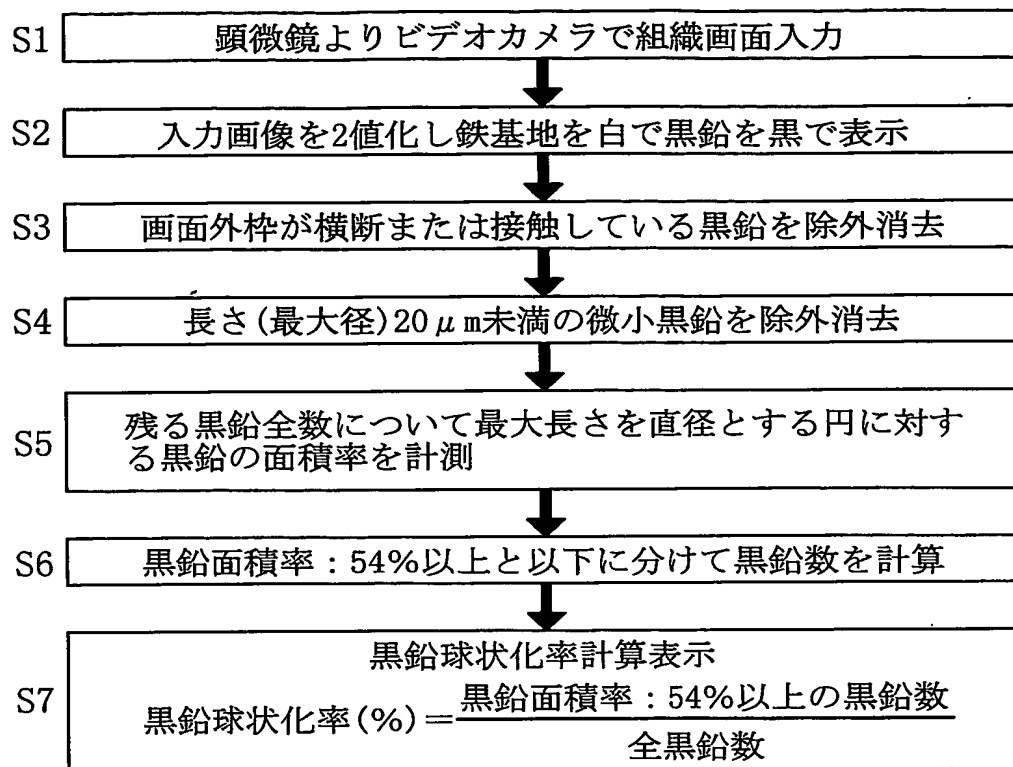


FIG. 4



黒鉛球状化率測定における画像解析手順

FIG. 5

黒鉛球状化率測定記録				
測定日2002／03／29＜全視野測定＞			試料番号	
最大径20ミクロン以下の黒鉛は除外しました				
黒鉛形態		形態Ⅰ～形態Ⅳ	形態Ⅴ～形態Ⅵ	黒鉛球状化率 (%)
係数		0	1.0	
測定視野	1	109	1	0.9
	2	112	0	0.9
	3	109	1	0.9
	4	*	*	*
	5	*	*	*
視野合計		330	2	0.6

<組織図>



画像解析結果出力

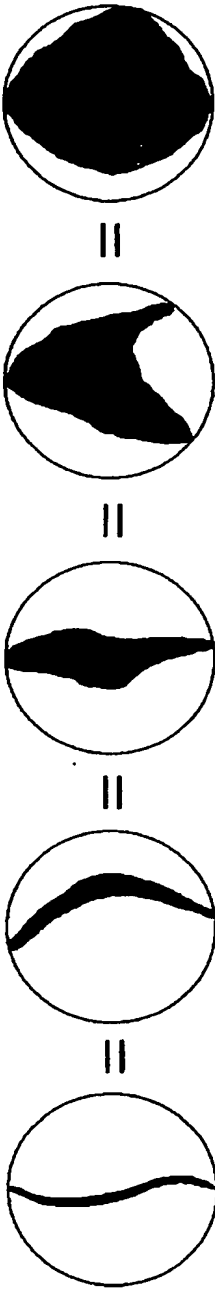


FIG. 6A

最大径

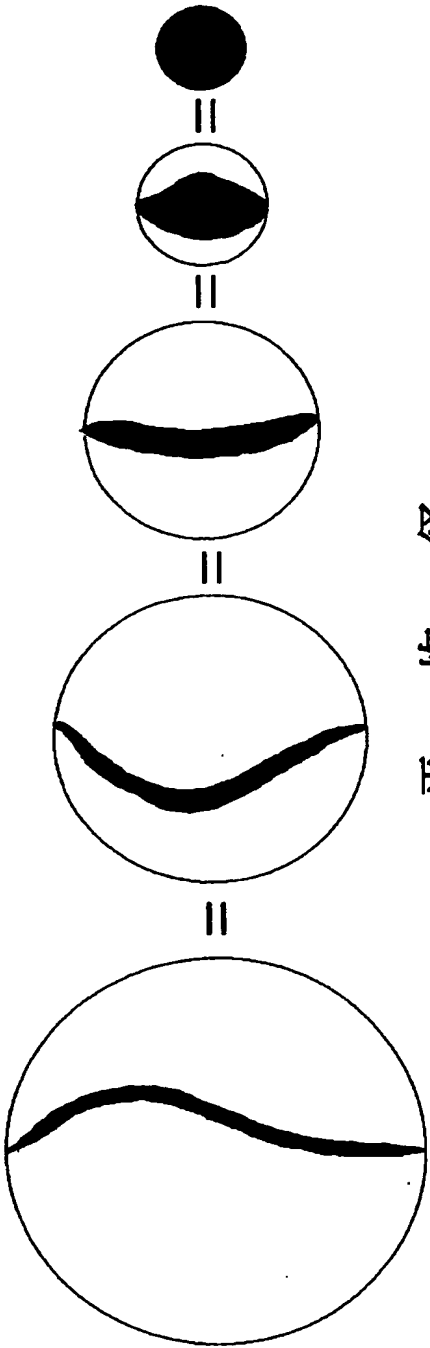
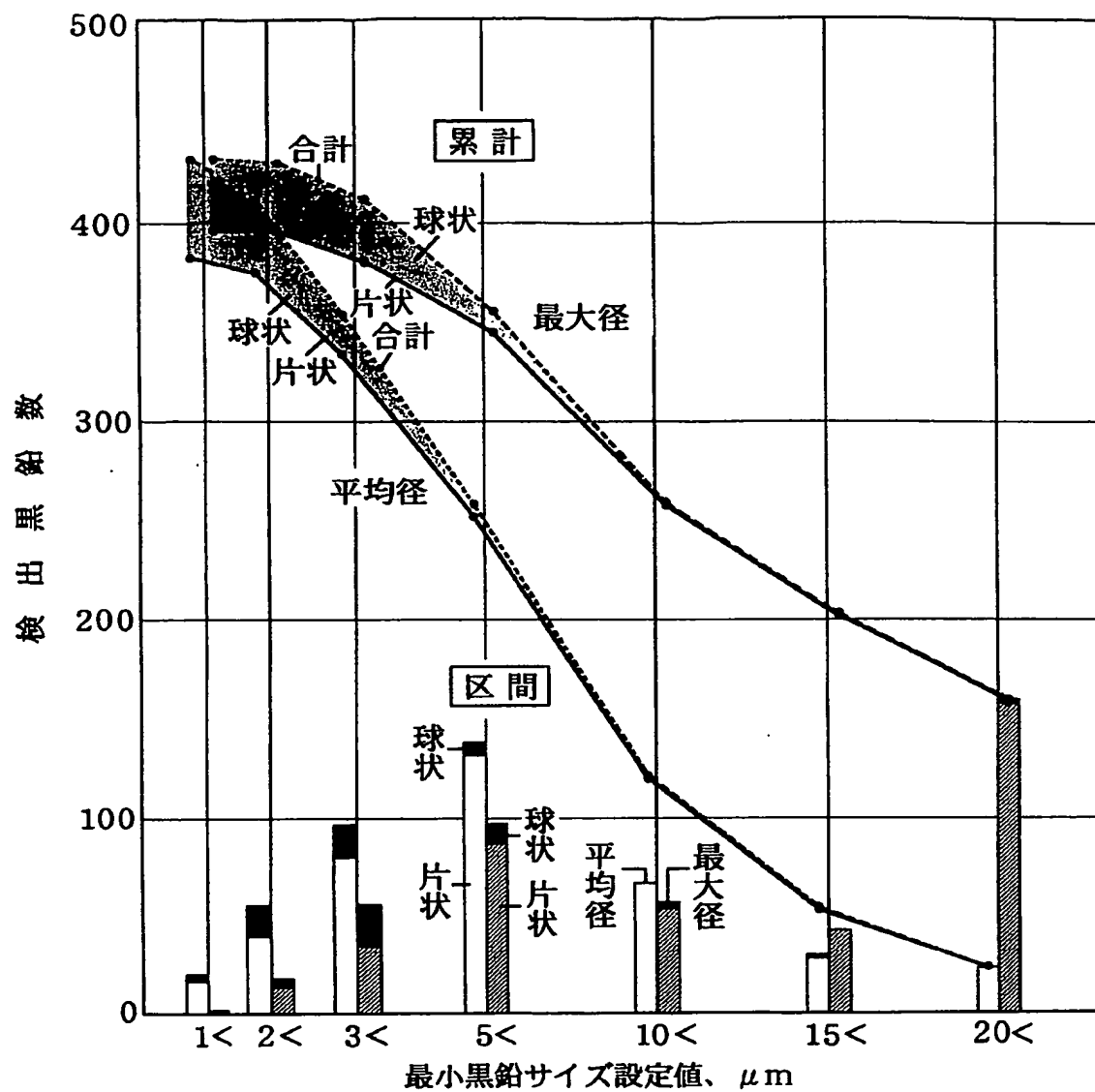


FIG. 6B

平均径

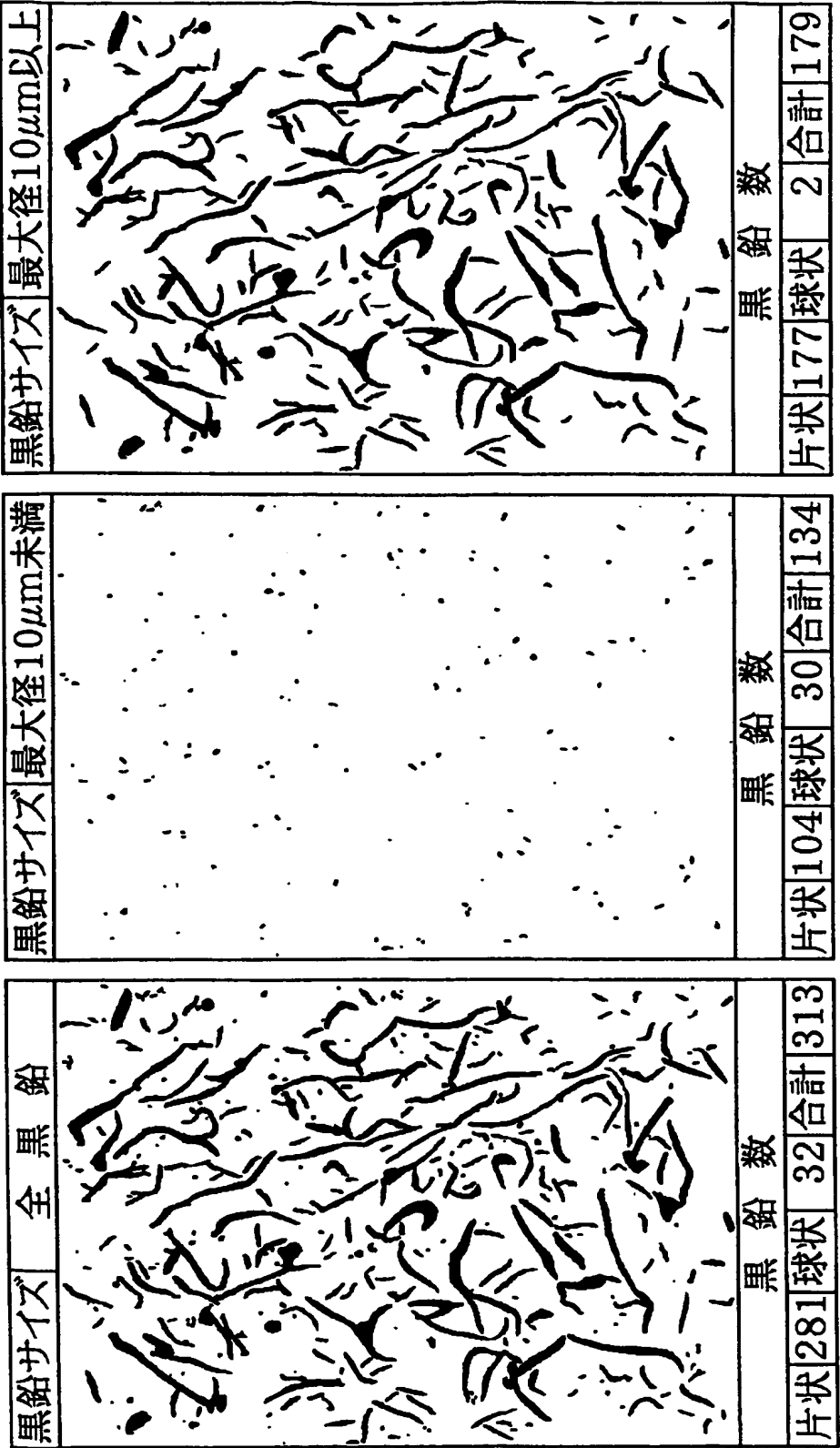
黒鉛サイズ測定時の最大径と平均径

FIG. 7



黒鉛の形状、サイズ別検出数

FIG. 8



最大径10 μ m未満と10 μ m以上黒鉛の分割表示

FIG. 9

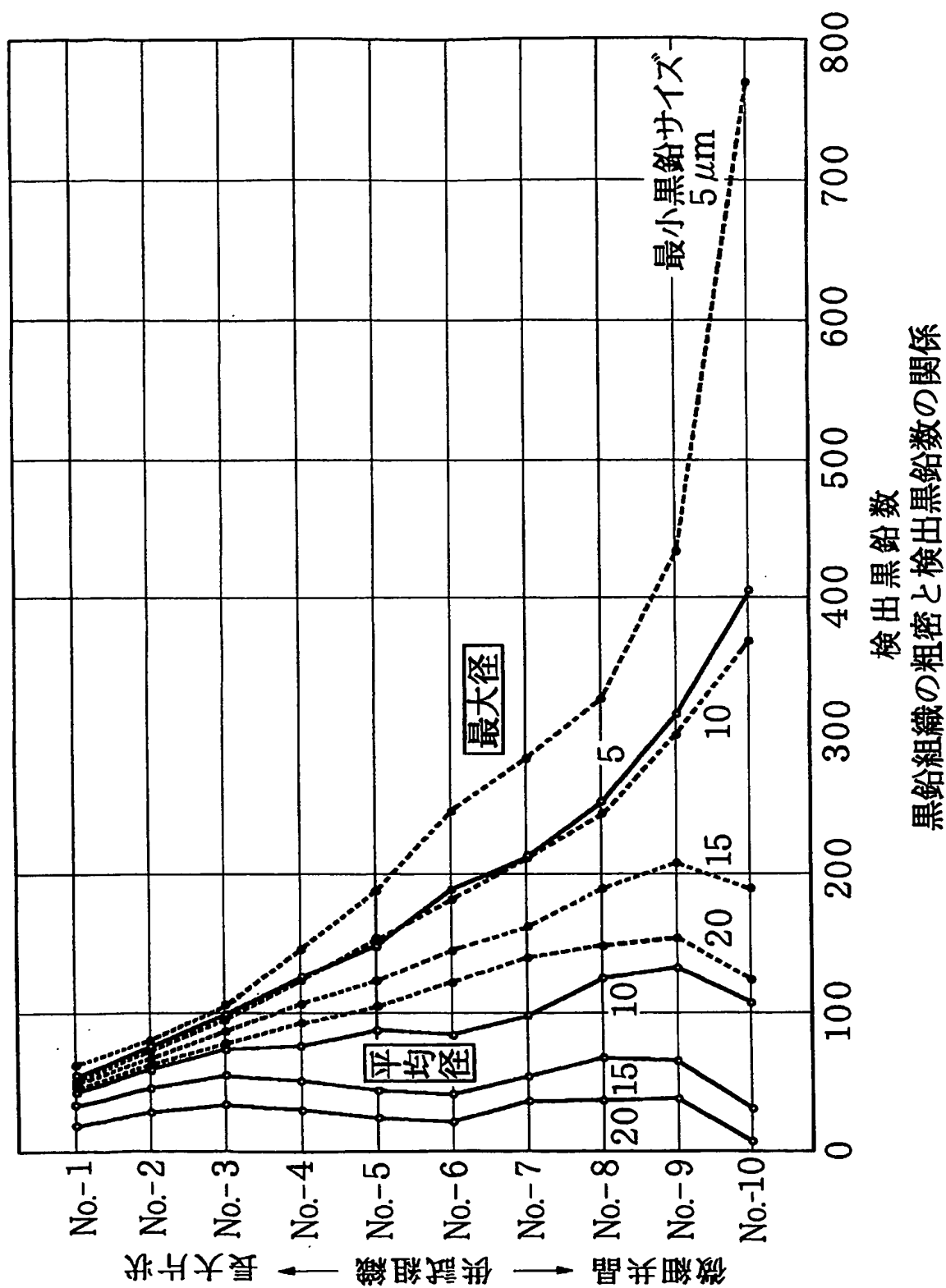
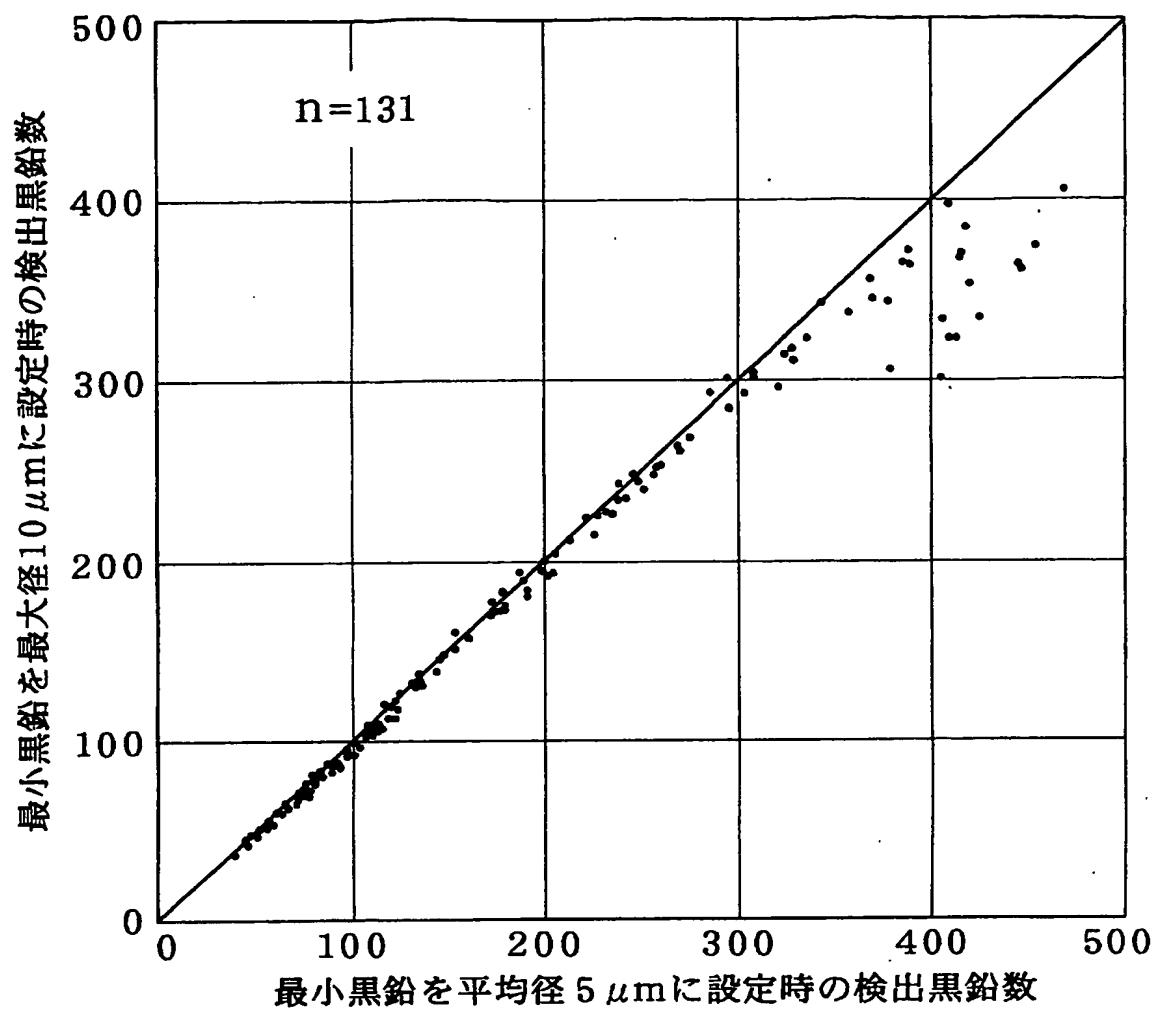
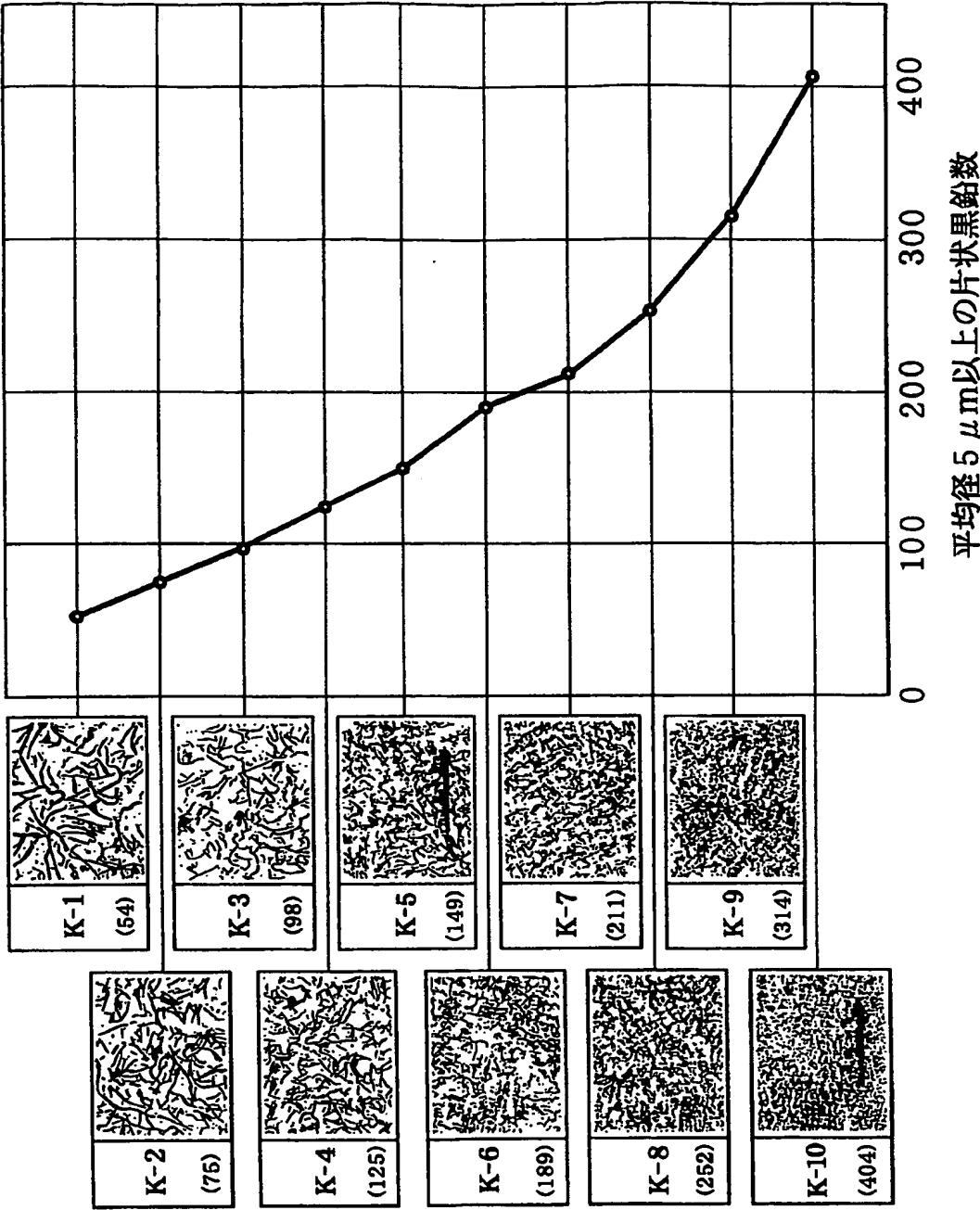


FIG. 10



最小黒鉛設定条件と検出黒鉛数の関係

FIG. 11



ねずみ鉄の組織と黒鉛数の関係

FIG. 12



黒鉛数:90 肥瘦度:8.4

黒鉛数:90 肥瘦度:10.1



黒鉛数:90 肥瘦度:5.6

黒鉛数:90 肥瘦度:9.0

黒鉛数同一組織の黒鉛肥瘦度差異例

FIG. 13

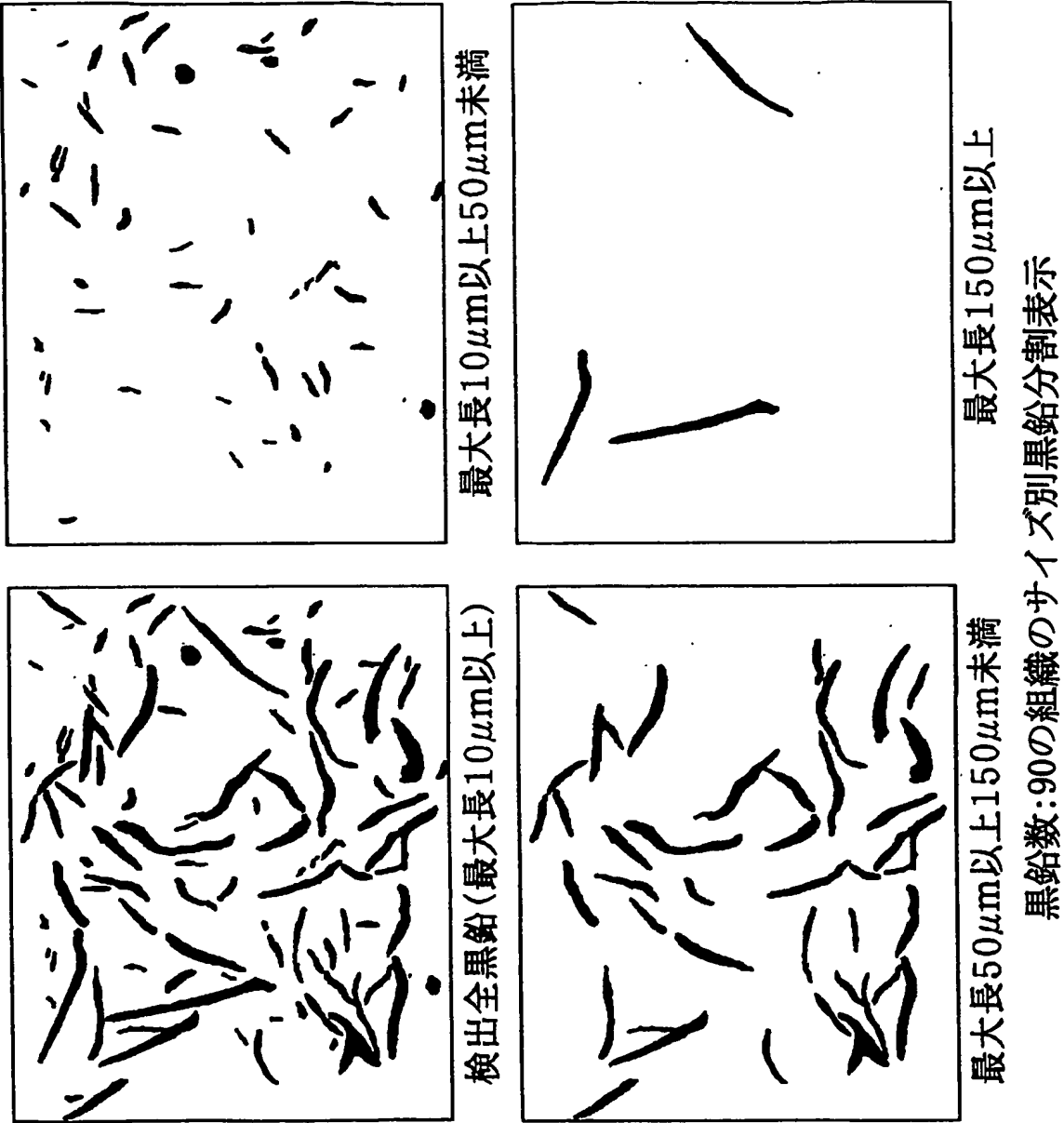
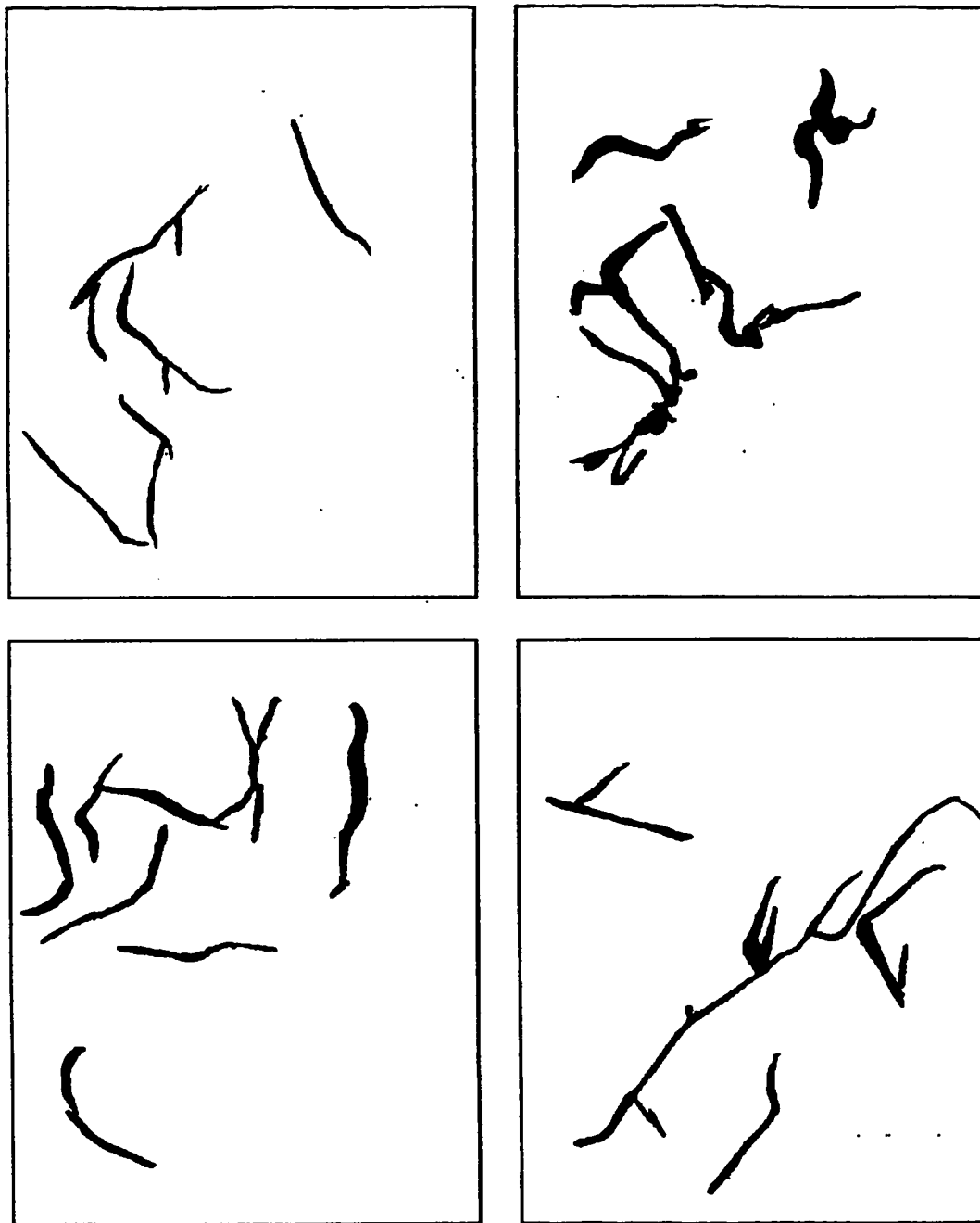
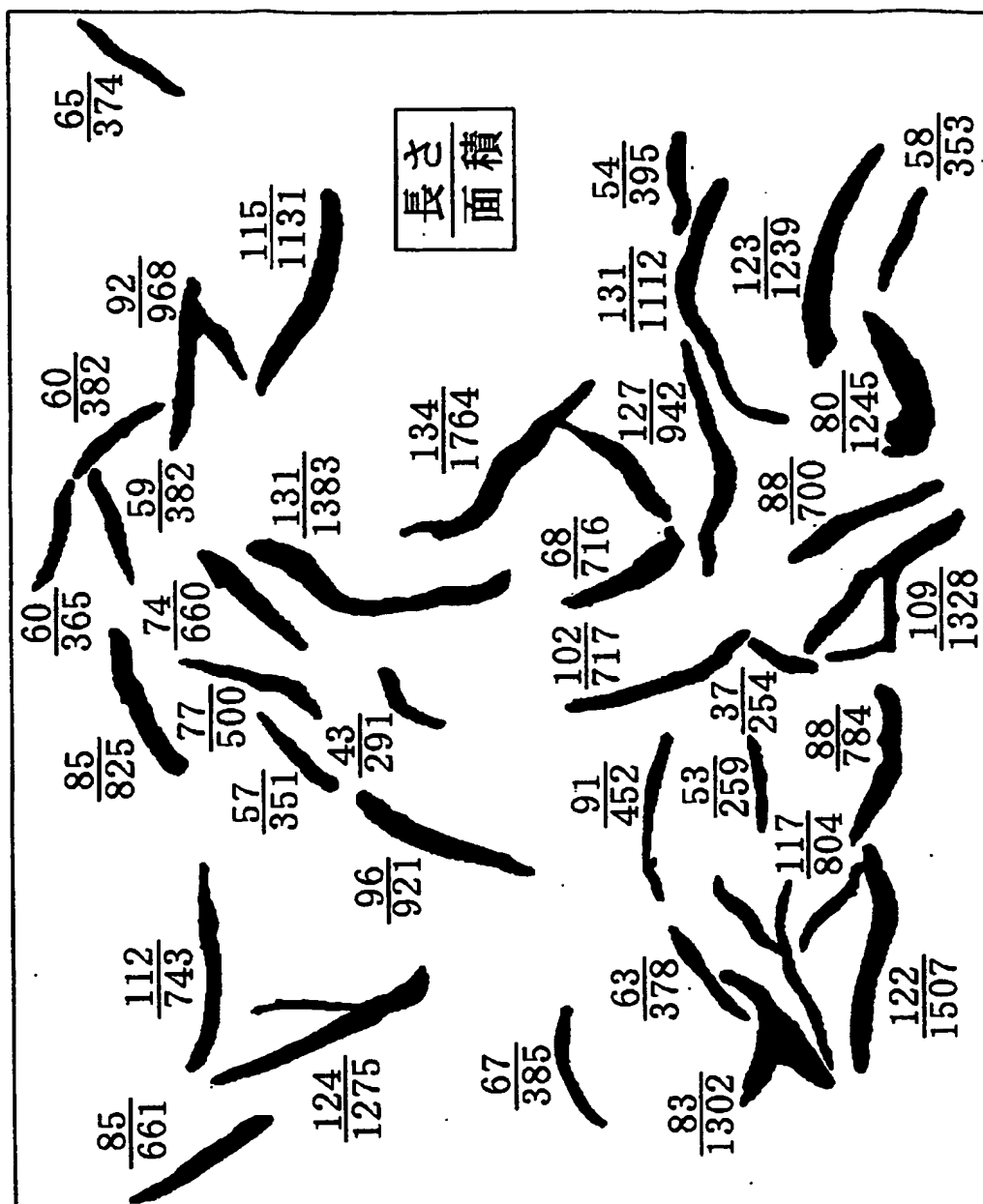


FIG. 14



150 μ m 前後から増え始める複数連結黒鉛

FIG. 15



黒鉛数：90の組織の個別黒鉛長さと面積の計測

FIG. 16

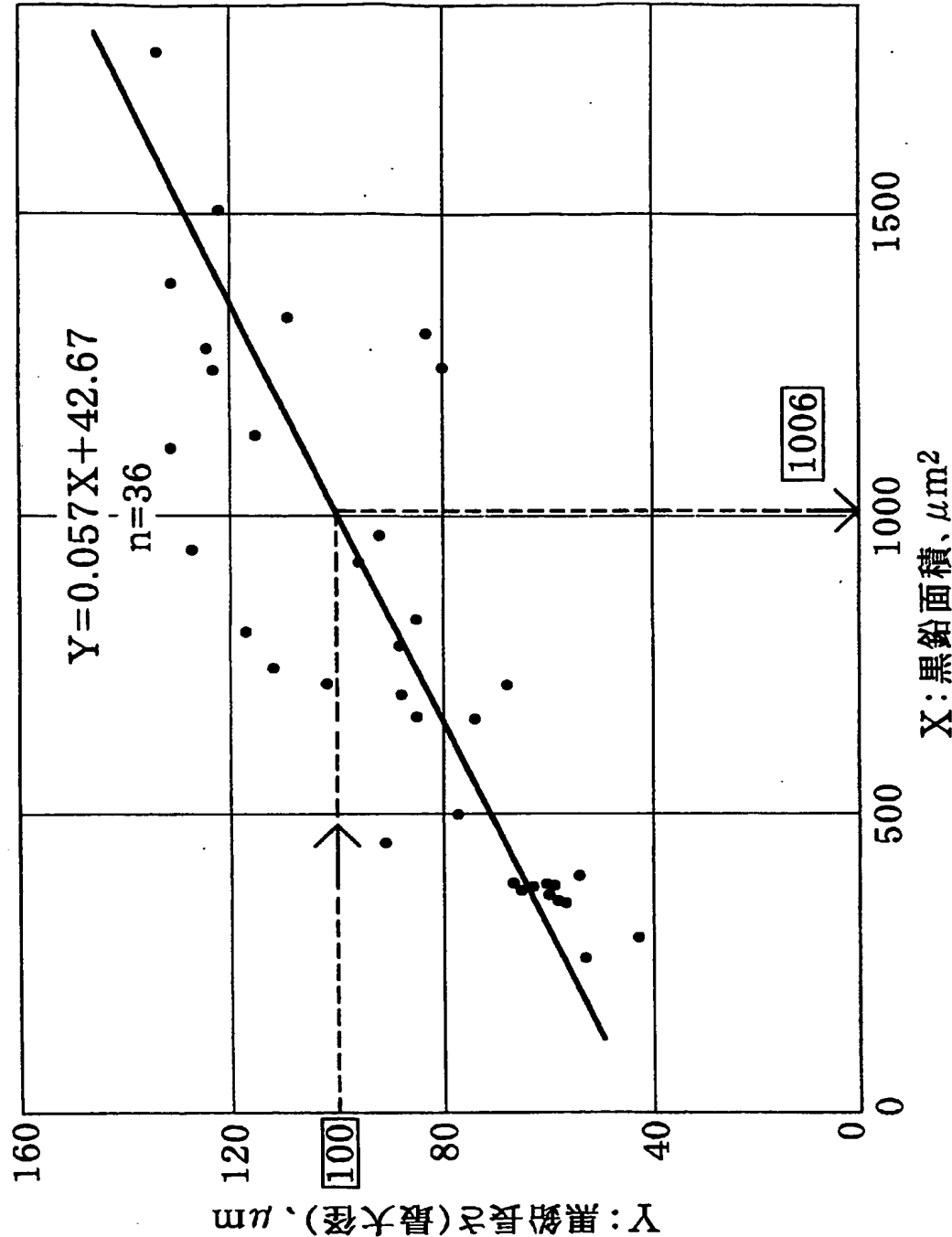
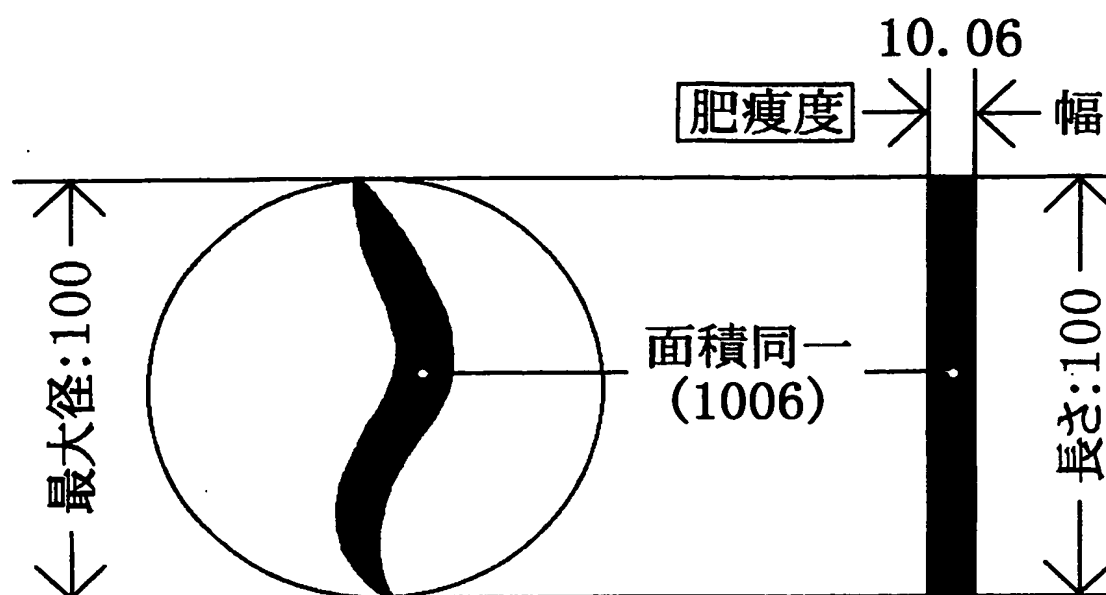
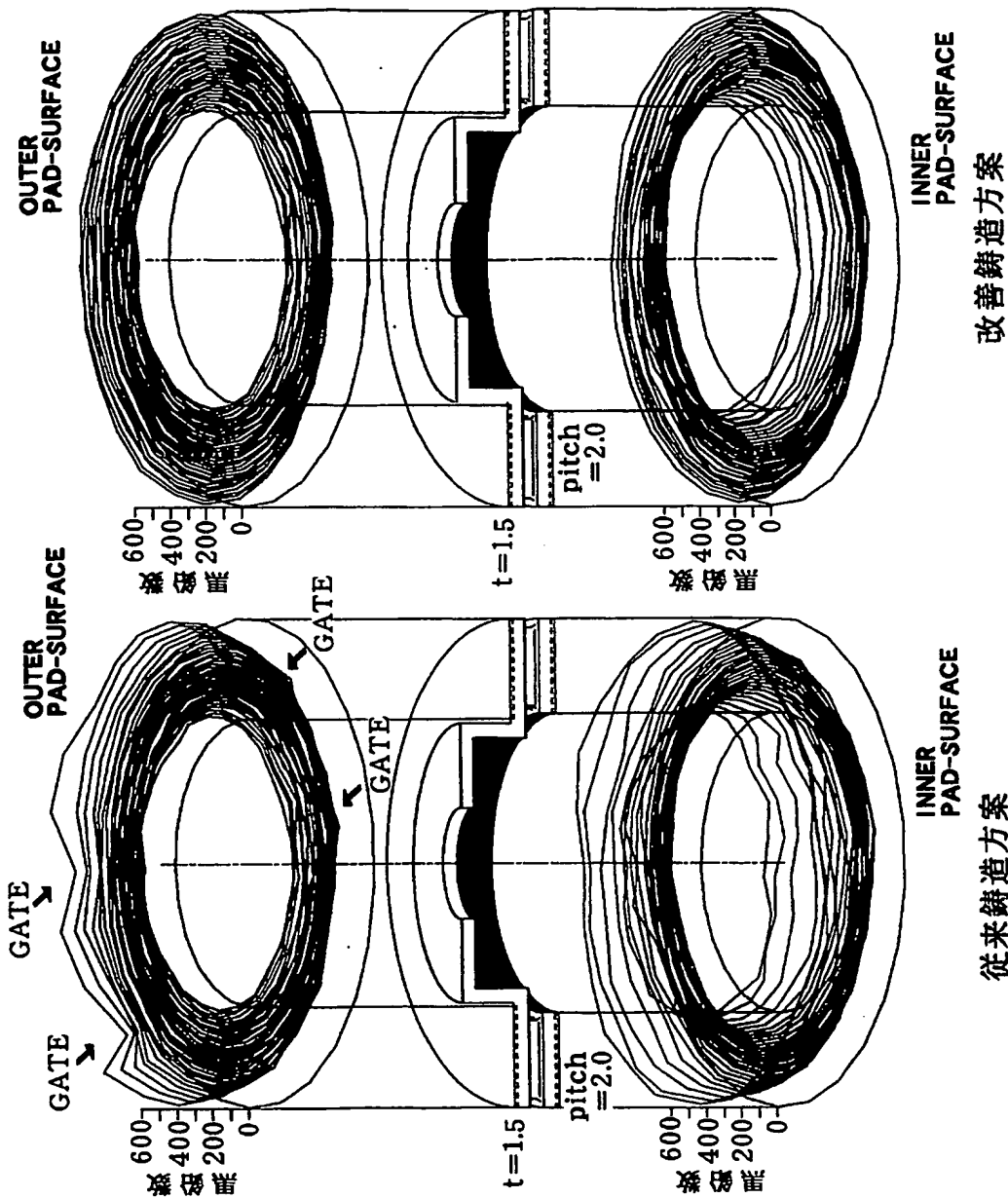


FIG. 17



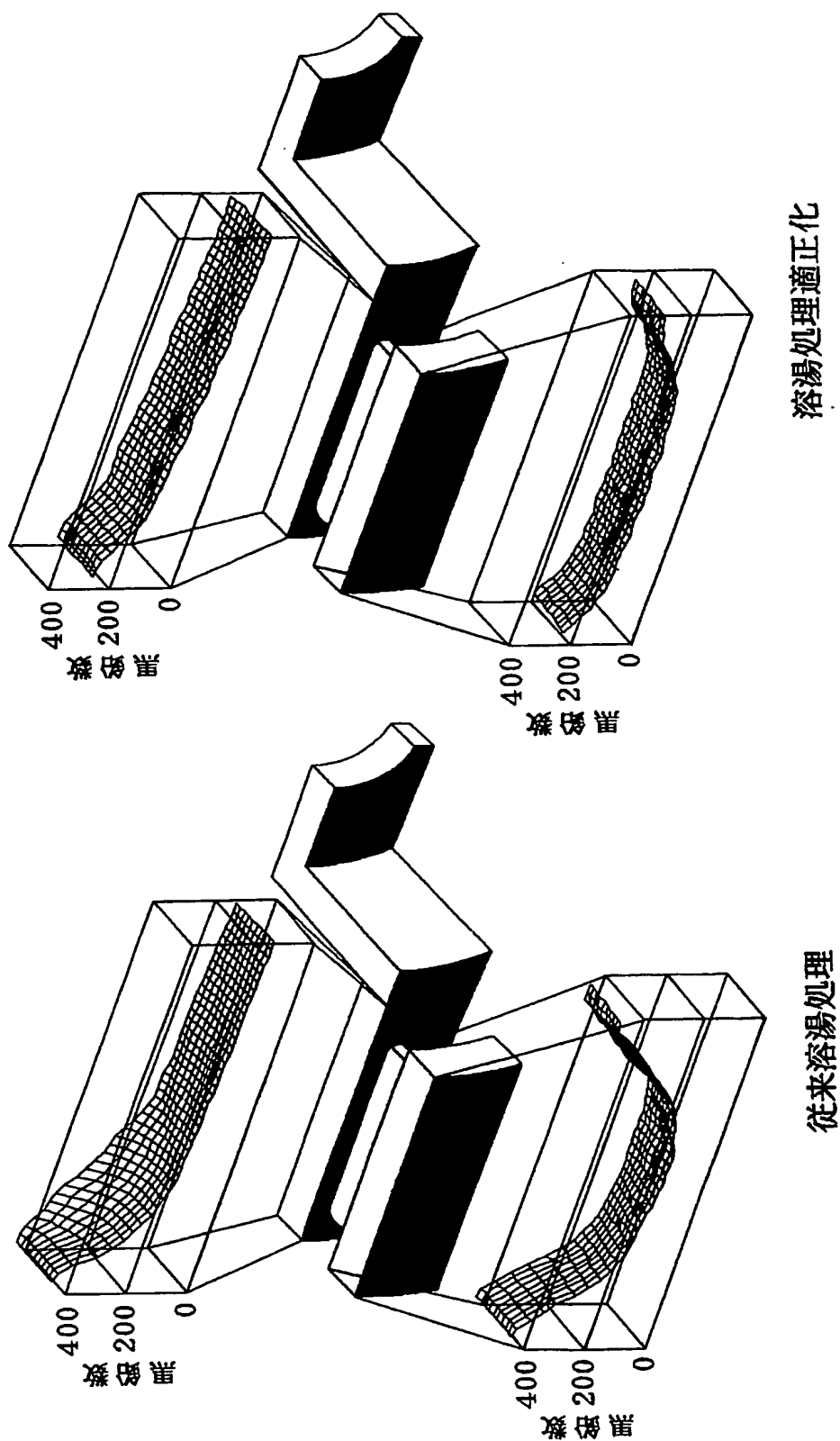
長さ100 μm の計算上仮定代表黒鉛の
幅の大小による黒鉛の肥瘦度表示

FIG. 18



製造方案改善によるディスク・ローター黒鉛組織の均質化

FIG. 19



溶湯処理適正化によるディスク・ローター黒鉛組織の改良

FIG. 20

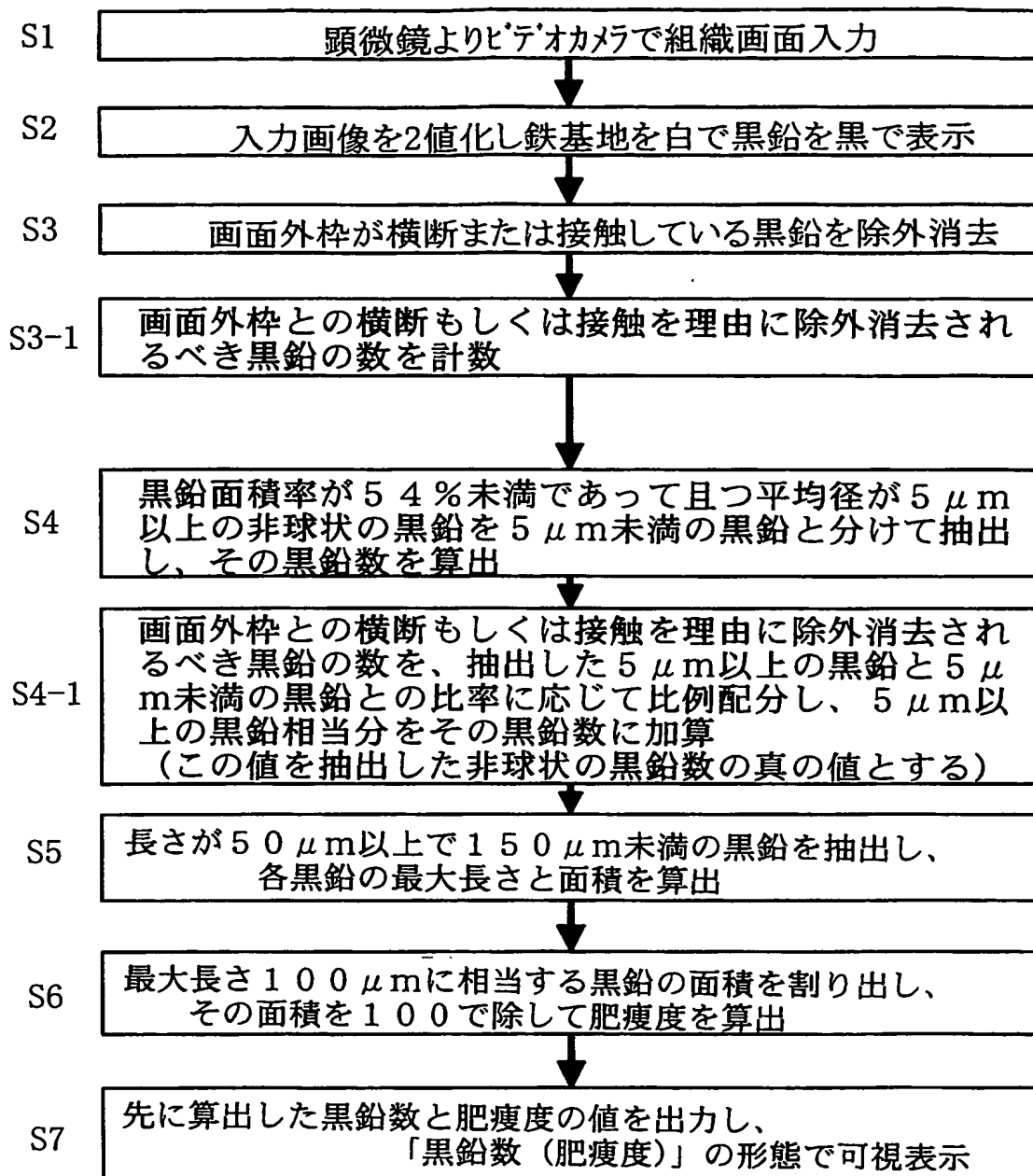
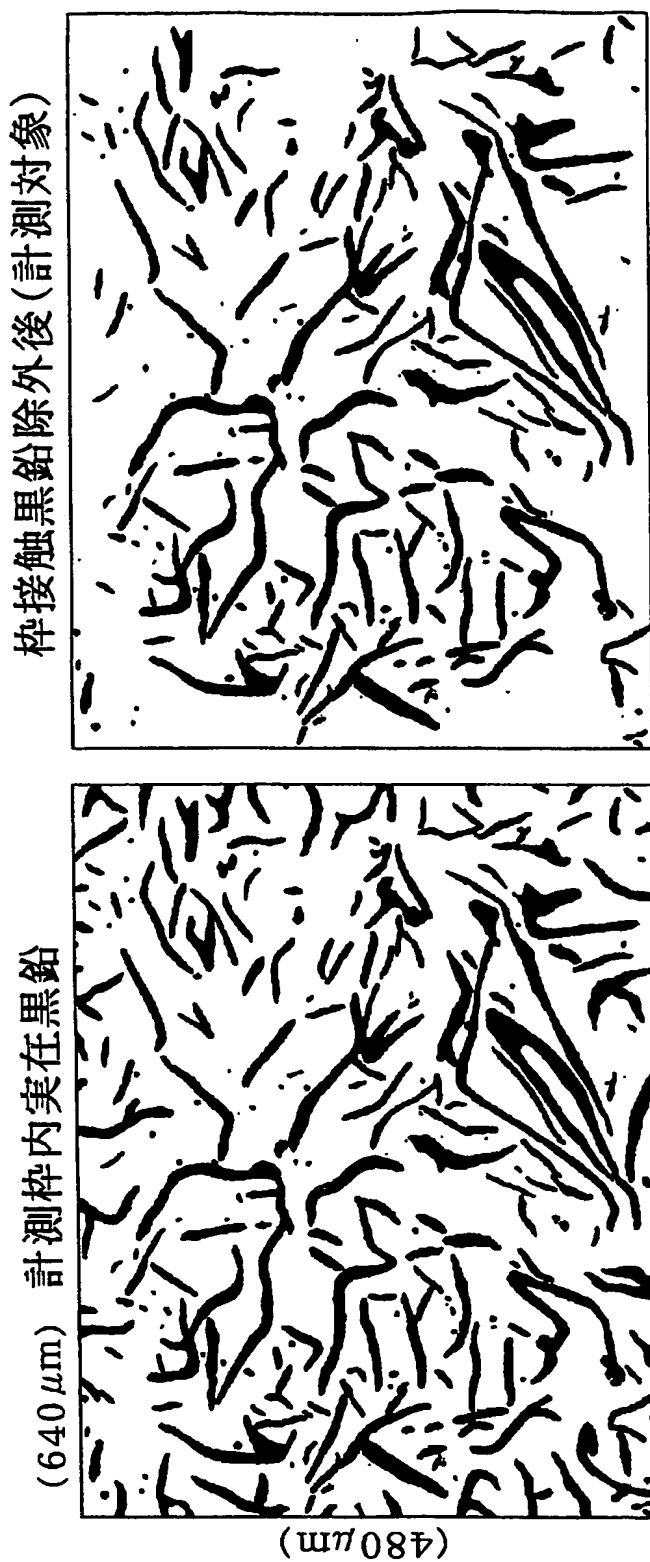
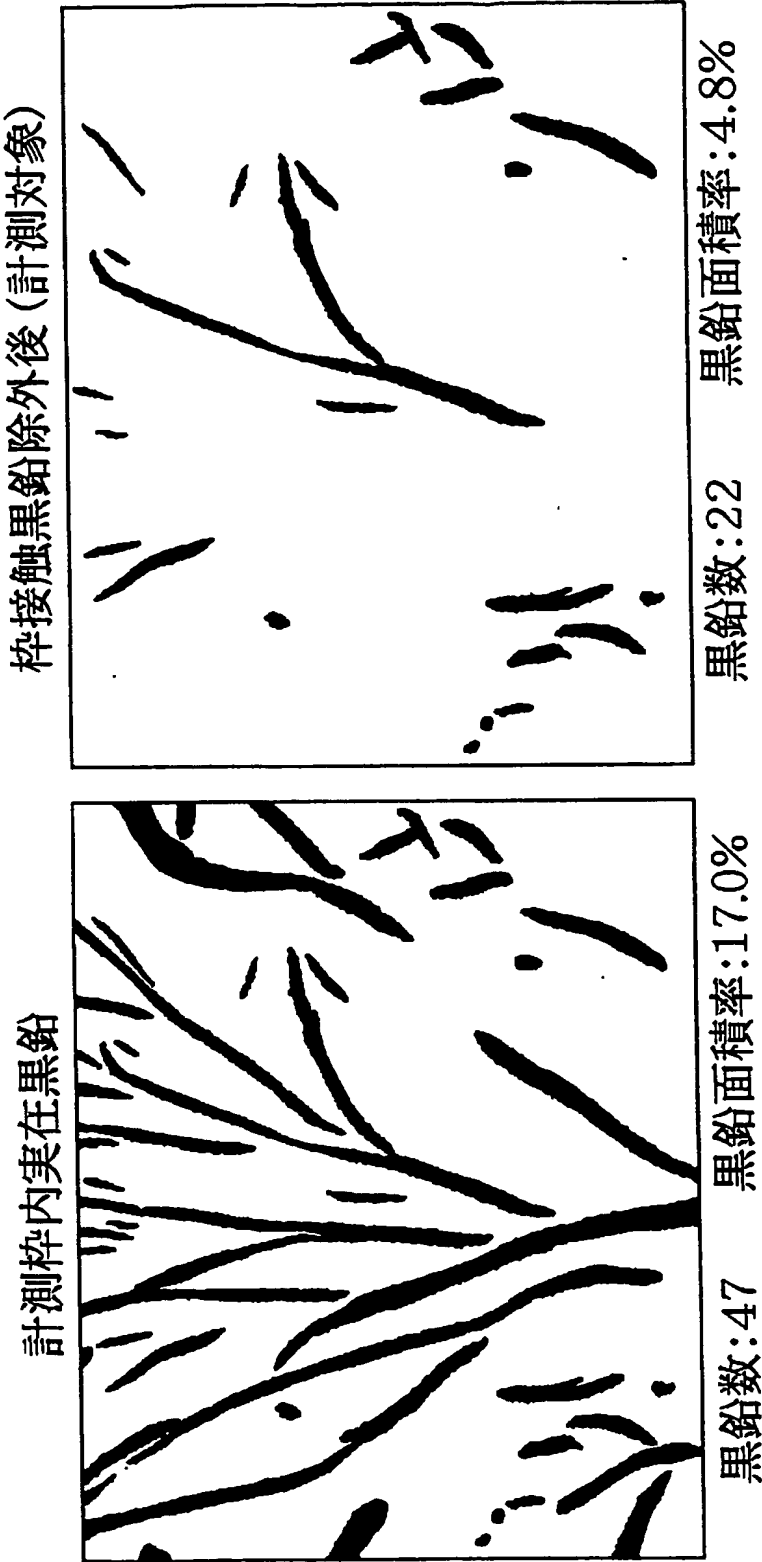


FIG. 21



棒接触黒鉛除外前後の黒鉛組織比較—1

FIG. 22



枠接触黒鉛除外前後の黒鉛組織比較－2

FIG. 23

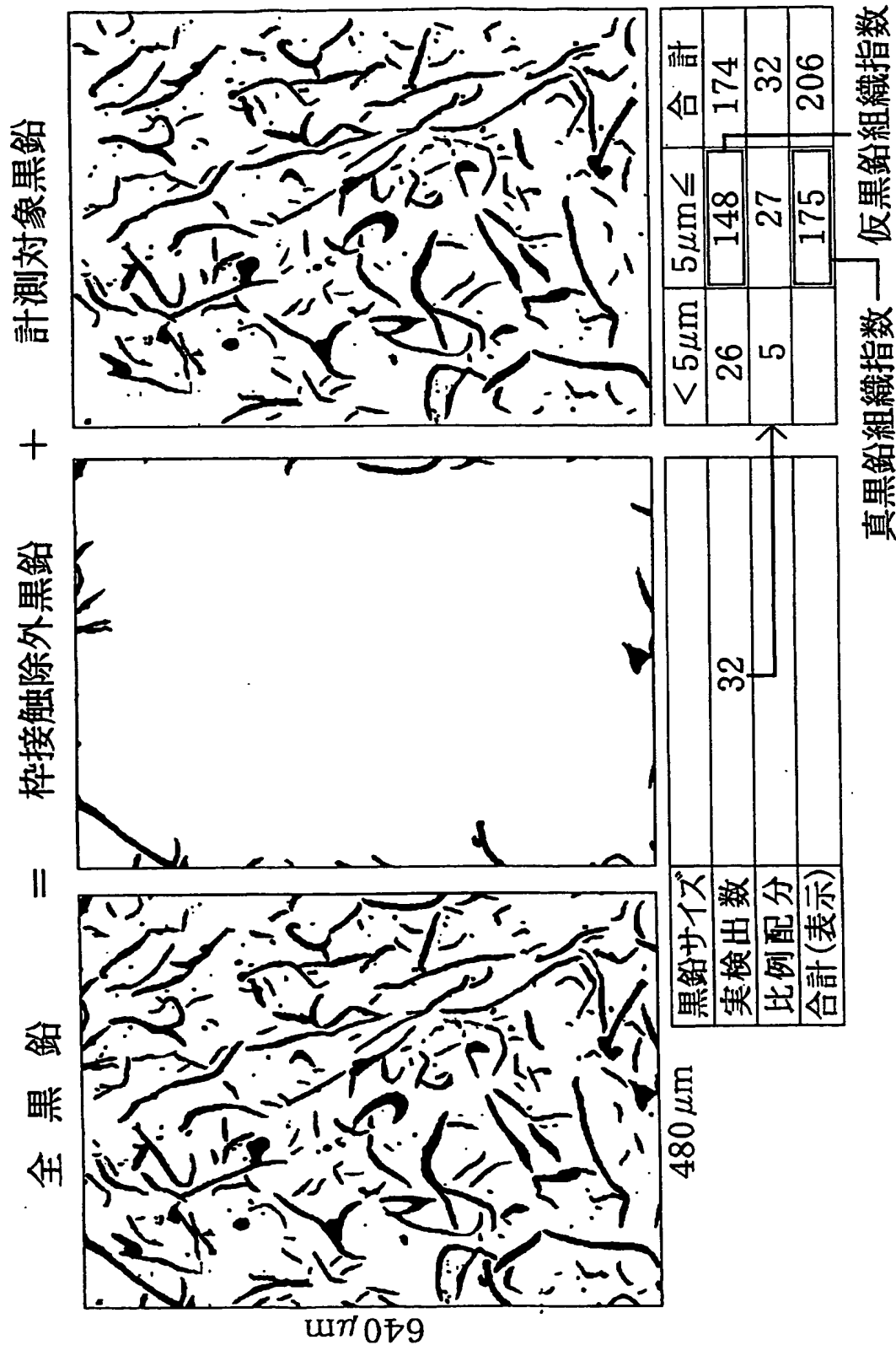
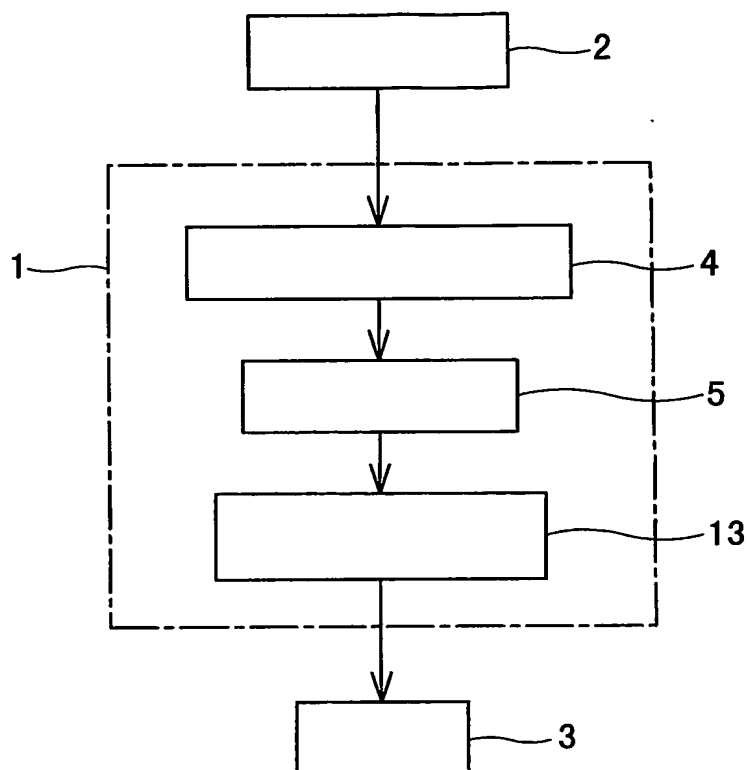


FIG. 24



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16803

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01N21/17; G01N21/84

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01N21/00-21/61; G01N21/84-21/958; G01N33/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JOIS PATOLIS WPI/L

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Kenji ISHIJIMA et al., "Gazo Joho Shori System ni yoru Kinzoku Sozai no Teiryoka ni Kansuru Kenkyu (second report)", Tochigi-ken Kogyo Shiken Kenkyu Kikan Kenkyu Shuroku, October 1989, Vol.1988, pages 230 to 237	1-5, 9-11
Y	Kenji ISHIJIMA et al., "Gazo Joho Shori System ni yoru Kinzoku Sozai no Teiryoka ni Kansuru Kenkyu (first report)", Tochigi-ken Kogyo Shiken Kenkyu Kikan Kenkyu Shuroku, January 1989, Vol.1987, pages 171 to 178	1-5, 9-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
03 February, 2004 (03.02.04)

Date of mailing of the international search report
17 February, 2004 (17.02.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/16803

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Harumi UENO, Kenji ISHIJIMA, "Gazo Joho Shori System ni yoru Soshiki no Teiryoka ni Kansuru Kenkyu Kinzoku, Kinzokukei Fukugo Zairyo Soshiki no Teiryoka ni Kansuru Kenkyu", Tochigi-ken Kogyo Gijutu Center Kenkyu Hokoku, August 1991, Vol.1990, pages 51 to 59	4
Y	H.Y. Yuan AND G.X. Sun, Computer image evaluation of graphite forms in cast iron, Int.J.Cast Metals Res., 1999, Vol.11, pages 447 to 451	4, 5
A	JP 5-273200 A (Riken Corp.), 22 October, 1993 (22.10.93), Full text (Family: none)	1
A	JP 54-150194 A (Yahagi Seitetsu Kabushiki Kaisha), 26 November, 1979 (26.11.79), Full text (Family: none)	1
A	JP 2000-9668 A (Kabushiki Kaisha Nippon Sapuransu Purobu Engineering), 14 January, 2000 (14.01.00), Full text (Family: none)	1
A	JP 11-304736 A (Kabushiki Kaisha Nippon Sapuransu Purobu Engineering), 05 November, 1999 (05.11.99), Full text (Family: none)	1
Y	JP 2002-317237 A (Nippon Steel Corp.), 31 October, 2002 (31.10.02), Full text (Family: none)	1

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01N21/17; G01N21/84

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01N21/00-21/61; G01N21/84-21/958; G01N33/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS PATOLIS WPI/L

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	石島健治他、画像情報処理システムによる金属素材の定量化に関する研究 (第2報)、栃木県工業試験研究機関研究集録、1989.10、VOL. 1988, p230-237	1-5, 9-11
Y	石島健治他、画像情報処理システムによる金属素材の定量化に関する研究 (第1報)、栃木県工業試験研究機関研究集録、1989.01、VOL. 1987, p171-178	1-5, 9-11
Y	上野晴巳・石島健治、画像情報処理システムによる組織の定量化に関する研究 金属、金属系複合材料組織の定量化に関する研究、栃木県工業技術センター研究報告、1991.08、VOL. 1990, p51-59	4
Y	H. Y. Yuan AND G. X. Sun, Computer image evaluation of graphite forms in cast iron, Int. J. Cast Metals Res., 1999, Vol. 11, p447-451	4, 5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03. 02. 2004

国際調査報告の発送日

17. 2. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

樋口 宗彦

2W

9118

電話番号 03-3581-1101 内線 3290

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 5-273200 A(株式会社リケン), 1993. 10. 22, 全文, (ファミリーなし)	1
A	JP 54-150194 A(矢作製鉄株式会社), 1979. 11. 26, 全文, (ファミリーなし)	1
A	JP 2000-9668 A(株式会社日本サプランスプロープエンジニアリング), 2000. 01. 14, 全文, (ファミリーなし)	1
A	JP 11-304736 A(株式会社日本サプランスプロープエンジニアリング), 1999. 11. 05, 全文, (ファミリーなし)	1
Y	JP 2002-317237 A(新日本製鐵株式会社), 2002. 10. 31, 全文, (ファミリーなし)	1